

UNIVERZITET U NOVOM SADU

MEDICINSKI FAKULTET



Radmila Matijević

PROPRIOCEPCIJA ZGLOBA KOLENA POSLE
KIDANJA PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA
KOD PROFESIONALNIH SPORTISTA

- doktorska disertacija -

Novi Sad, 2014. godina

*„Nijedan čovek nije ostrvo sam po sebi celina
svaki je čovek deo Kontinenta, deo Zemlje ...“*

Hvala svim prijateljima i saradnicima na pruženoj pomoći i razumevanju tokom
izrade ove teze

Hvala mojim najmilijim što postoje...

**UNIVERZITET U NOVOM SADU
MEDICINSKI FAKULTET**

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl., mag., dokt.): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Radmila Matijević
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	1. Prof. dr Dragan Savić, redovni profesoro 2. Prof. Vladimir Vujičić, redovni profesor
Naslov rada: NR	„Propriocepcija zgloba kolena posle kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta kod profesionalnih sportista“
Jezik publikacije: JP	srpski
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2014. godina
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Novi Sad, Hajduk Veljka 1., Srbija

Fizički opis rada: FO	broj poglavlja 8 / stranica 158 / slika 22/ grafikona 11 //tabela 8/ referenci 335/ priloga 5
Naučna oblast: NO	Medicina
Naučna disciplina: ND	Ortopedska hirurgija, rehabilitacija, sportska traumatologija
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Propriocepcija; Povrede kolena; Prednji ukršteni ligament + povrede + hirurgija; Sportske povrede; Ishod lečenja;
UDK	616.728.3-001.5-06:796.071
Čuva se:	U biblioteci Medicinskog fakulteta u Novom Sadu, Hajduk Veljka 3., Srbija
Važna napomena: VN	(broj poglavlja 8 / stranica 159 / slika 22/ grafikona 11 // tabela 8/ referenci 335/
Izvod: IZ	Ova studija je bila prospektivnog karaktera. Uz dopuštenje etičkog komiteta Kliničkog centra Vojvodine istraživanje je sprovedeno na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju i obuhvatilo je 60 pacijenata muškog pola, koji su metodom slučajnog izbora na randomizirani način uključeni u ispitivanje, a koji se aktivno i profesionalno bave fudbalom, košarkom ili odbojkom, primljenih na Kliniku za ortopedsku hirurgiju radi artroskopske rekonstrukcije pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta. U ispitivanje su uključeni samo oni pacijenti koji su dali potpisani informisani pristanak da učeštvuju u ispitivanju, koji su zadovoljni sve kriterijume za uključivanje i koji nisu imali niti jedan kriterijum za isključivanje iz studije. Kriterijumi za uključivanje u studiju podrazumevali su sledeće: da je pacijent primljen na Kliniku za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine u Novom Sadu radi operativnog lečenja prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kolena, da je potpisao informisani pristanak za uključivanje, da je starosne dobi od 18 do 45 godina, da se aktivno i profesionalno bave fizičkom aktivnošću regulisanom pravilima (fudbal, odbojka, košarka). Kriterijumi za isključivanje pacijenata iz istraživanja bili su sledeći: prisustvo udružene povrede i spoljašnjeg pobočnog

ligamenta koja zahteva operativno lečenje, pojava težih opšte – hirurških komplikacija, želja pacijenta da bude isključen iz daljeg ispitivanja, bez obaveze da tu svoju odluku obrazloži. U prvoj fazi konstruisan je aparat, **digitalni goniometar**, uz pomoć kojeg je urađen eksperimentalni deo ovog ispitivanja i napravljena je baza podataka sa poljima za upis deskriptivnih i antropometrijskih parametara. Potom je uz pomoć aparata svim ispitanicima testirana sposobnost propriocepcije (JPS). Testiranje je obavljeno preoperativno na povređenom i nepovređenom ekstremitetu, u dva maha: odmah po zadavanju ciljnog ugla od 35° i nakon 5 minuta. Druga faza je obavljena minimum 6 meseci nakon operativnog lečenja, hirurškom, artroskopskom rekonstrukcijom pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta kost-tetiva-kost tehnikom (*bone-tendo-bone, BTB*). Klinički pregled svakog pacijenta je podrazumevao proveru rezultata Lachman testa (pozitivan/negativan), Lysholm i IKDC bodovne skale za koleno i to preoperativno a potom i tokom postoperativnog kontrolnog pregleda. Po uzoru na mnoge sajtove renomiranih ortopedskih organizacija (<http://www.orthopaedicscore.com/>), napravljen je on-line upitnik na Google drive-u gde su u elektronskom obliku prikupljani podaci za skale koje smo koristili. Dobijeni rezultati su za svaku skalu ponaosob potom prebacivani u Excel i dalje obrađivani adekvatnim statističkim alatkama u adekvatnom programu. U rezultatima je uočeno da dobijena razlika u preciznosti pozicioniranja potkolenice sa oštećenim ligamentarnim aparatom kolena u odnosu na nepovređenu nogu pre hirurške rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta ne pokazuje statistički značajnu razliku. Međutim, postojala je statistički značajna razlika u brzini kojom se postiže zadati ugao, tj. povređena noga imala je veći intenzitet ugaonog uspona što ukazuje na kvalitativne razlike u samom

	<p>obrascu pokreta. Takođe, na ovom uzorku dobijeno je da postoji statistički značajna razlika u preciznosti pozicioniranja potkolenice sa oštećenim ligamentarnim aparatom kolena u odnosu na nepovređenu nogu nakon hirurške rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tj. pacijenti su nakon rekonstrukcije statistički značajno »prebacivali« zadatu vrednost od 35°. Test pozicioniranja ekstremiteta za ovo ispitivanje konstruisanim aparatom se pokazao kao senzitivna i specifična dijagnostička procedura gubitka sposobnosti propriocepcije usled kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta.</p>
<p>Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP</p>	<p>15.11.2012.</p>
<p>Datum odbrane: DO</p>	
<p>Članovi komisije: (ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status) KO</p>	<p>predsednik: član: član: član:</p>

UNIVERSITY OF NOVI SAD
MEDICAL FACULTY

KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	Ph. D.
Author: AU	Radmila Matijevic
Mentor: MN	1.Prof. dr Dragan Savić, professor 2. Prof. Vladimir Vujičić, professor
Title: TI	Knee joint proprioception after anterior cruciate ligament tear in professional athletes
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	eng. / srp.
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2014.
Publisher: PU	Author reprint
Publication place: PP	Novi Sad, Hajduk Veljka 1., Serbia

Physical description: PD	chapters 8 / pages 159 / figures 22/ charts 11 //tabels 8/ references 335/ appendicies 5
Scientific field SF	Medicine
Scientific discipline SD	Orthopaedic surgery, rehabilitation, sports traumatology
Subject, Key words SKW	Proprioception; Knee Injuries; Anterior Cruciate Ligament + injuries + surgery; Athletic Injuries; Treatment Outcome; Anterior Cruciate Ligament Reconstruction
UC	616.728.3-001.5-06:796.071
Holding data: HD	Library of Medical Faculty of Novi Sad, Hajduk Veljka 3., Serbia
Note: N	
Abstract: AB	In this prospective study examined group consisted of 60 male patients with an anterior cruciate ligament tear and all participants were at the time before injury actively playing afootball, basketball or volleyball. The study was conducted at the Clinic for Orthopaedic Surgery and Traumatology Clinical Center of Vojvodina in Novi Sad where participants were admitted for arthroscopic ligament reconstruction. All participants were informed of the study by their clinicians and gave written consent. Thee exclusion criteria were the following: occurrence of combined cruciate ligament with lateral collateral ligament injury that required surgical treatment; occurrence of more serious general surgical complications; the patient's wish to be excluded from further research without an obligation to give any further explanation to his decision. In the first stage of the study, an apparatus called digital goniometer was constructed, which was used to conduct the experimental part of the study, and a database with fields for inserting descriptive and anthropometric

parameters was made. Next, by using the apparatus, all subjects were tested for proprioception ability (JPS). The tests were performed preoperatively on the injured and the uninjured limb in two instances: straight after determining the target angle of 35° and 5 minutes afterwards. The second stage was performed postoperatively in the same manner, following a minimal 6-month period after a surgical arthroscopic reconstruction of the torn anterior cruciate ligament by bone-tendon-bone (BTB) technique. The clinical evaluation of each patient involved Lachman test (positive / negative), Lysholm and IKDC scales, first pre-operatively and then during post-operative check up assessment. Following the example of many websites or eminent orthopaedic organisations

(<http://www.orthopaedicscore.com/>), an online survey was made on Google Drive, where data was collected electronically for the scales used. The results were then transferred to Excel for each scale, to be further processed by using adequate statistic tools in an adequate programme. The results indicated that, when compared with the uninjured leg, a resulting disparity in precision of positioning the lower leg with a damaged ligament apparatus of the knee before the surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament was not considered statistically significant. However, there was a statistically significant difference in the speed of attaining a specified angle which indicates qualitative differences in the motion pattern itself. Furthermore, this sample study resulted in a statistically significant difference in the precision of positioning of lower leg with the damaged knee ligament apparatus after the surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament, when compared with the uninjured leg, i.e. after the reconstruction, the patients had a

	<p>significantly higher degree of flexion than the targeted 35°. The test for positioning extremities, performed with the specially constructed apparatus, proved to be a sensitive and specific diagnostic procedure for determining the loss of proprioceptive ability due to anterior cruciate ligament tear.</p>
<p>Accepted on Scientific Board on: AS</p>	<p>15.11.2012.</p>
<p>Defended: DE</p>	
<p>Thesis Defend Board: DB</p>	<p>President: Member: Member: Member: Member:</p>

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. PROFESIONALNI SPORT	1
1.2. KOLENO	6
Mišići zgloba kolena.....	13
Vaskularizacija zgloba kolena.....	27
Inervacija kolenog zgloba.....	29
1.3. PROPRIOCEPCIJA	33
Periferni aferenti kolena.....	34
Klinička merenja propiocepcije	39
1.4. POVREDA PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTAI SPOSOBNOST PROPRIOCEPCIJE.....	42
Povezanost centralnog nervnog sistema i dinamičkih stabilizatora kolena	43
Mišićno reakciono vreme kod osoba sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta44	
1.5. LEČENJE POKIDANOG PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA.....	49
2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	61
2.1. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	61
2.2. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	61
3. MATERIJAL I METODE.....	62
TESTIRANJE PROPRIOCEPCIJE.....	64
KLINIČKI PREGLED.....	67
METODOLOGIJA OBRADJE PROPRIOCEPTIVNIH PODATAKA.....	67
4. REZULTATI.....	71
3.1. DEMOGRAFSKE KARAKTERISTIKE UZORKA.....	71
3.2. MERENJE PROPRIOCEPCIJE	77
Proprioceptivna obeležja uzorka	77
5. DISKUSIJA	104
6. ZAKLJUČCI	120
7. BIBLIOGRAFIJA.....	121
8. PRILOZI	147

1. UVOD

1.1. PROFESIONALNI SPORT

Tokom XX veka sport je postao sociološki fenomen, simbol vremena za moderan način života pa čak i standard razvijenosti društva do te mere da su mnogi filozofi razvili kontinuiranu diskusiju o tome da je profesionalni sport ne samo nova ideologija XX veka, nego i njegova najveća iluzija. Robert Redaker(1) je dao definiciju da je prethodni vek bio vek sporta, na način na koji je Srednji vek bio doba religije. Za razliku od tog vremena kada su se pod uticajem religije stvarala najveća dela ljudske civilizacije u oblasti arhitekture, slikarstva, muzike, filozofije, pa čak i nauke, čime je sama ljudska civilizacija dobila neke nove definicije, sport tokom prošlog vremena nije ostavio iza sebe ništa što će se pamtili i negovati tokom narednih vekova.

Može se reći da profesionalni sport u ljudskoj istoriji predstavlja samo modernizaciju i usled primene sve suptilnijih metoda dopinga i povećanja frekvenci utakmica, diskutabilnu humanizaciju gladijatorstva(2).

Najveća promena u evoluciji profesionalnog sporta desila se usled pojave televizije i prenosa sportskih dešavanja čime se broj potencijalnih gledalaca značajno uvećao.

Kao posledica ovoga desilo se da je u odnosu na glavni pokazatelj američkog privrednog rasta *Dow Jones Industrial Average*, koji je tokom poslednje 4 decenije XX veka se sa prosečnih 500 povećao dvadeset puta na vrednost od 10000, godišnje pravo prenosa utakmica National Football League porastao sa 3 miliona dolara u 1962.godini na 2,2 milijarde u 1998.godini što predstavlja povećanje od 700 puta(3).

ITV televizija je 1998. godine bila spremna da plati 44 miliona funti za televizijska prava prenosa utakmica Lige šampiona samo na području Velike Britanije u periodu od četiri godine a 2013. godine je BT korporacija za prava prenosa u naredne tri godine i isključivo na teritoriji Engleske platila 900

miliona funti (4). Ukupna zarada UEFA-e na godišnjem nivou samo od prava TV prenosa utakmica je pri tome iznosila 1.1 milijardi eura (5).

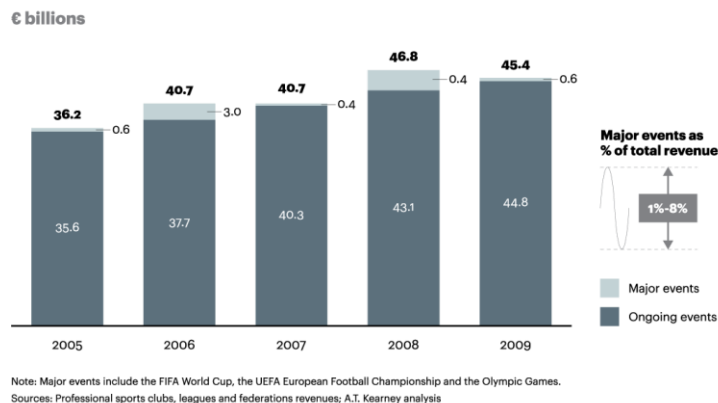
Profesionalni sportisti su tokom prethodne decenije postali i medijskesuperzvezde koje povećavaju gledanost čak i televizijskih emisija koje se ne uređuju u sportskoj redakciji. Zahvaljujući svojoj fizičkoj superiornosti, slavi i zainteresovanosti „običnih“ ljudi za njih život, profesionalni igrači su postali „hodajući bilbordi“ mnogobrojnih svetskih kompanija koje preko njih reklamiraju svoje proizvode.

Pojava socijalnih mreža je možda po prvi put eksplicitno pokazala koliki je uticaj ovih ličnosti na živote velikog broja ljudi. Nakon povrede Ahilove tetive NBA igrač, Kobe Bryant, je u roku od 48 sati dobio 400 000 „lajkova“ na svom *facebook* profilu košarkaš Shaquille O'Neal koji se penzionisao 2011. godine i danas ima bezmalo 7 miliona pratioca na svom Twitter nalogu.

Konsalting kompanija Catalyst je objavila zanimljivu studiju u kojoj su došli do rezultata koji ukazuju da čak 55 % onih koji „prate“ sportske zvezde kupuju proizvode koje sportisti spomenu, što sportiste od atleta pretvara zapravo u veoma uticajne ekonomske faktore u koje se investicaja isplati ali samo ako su zdravi (6).

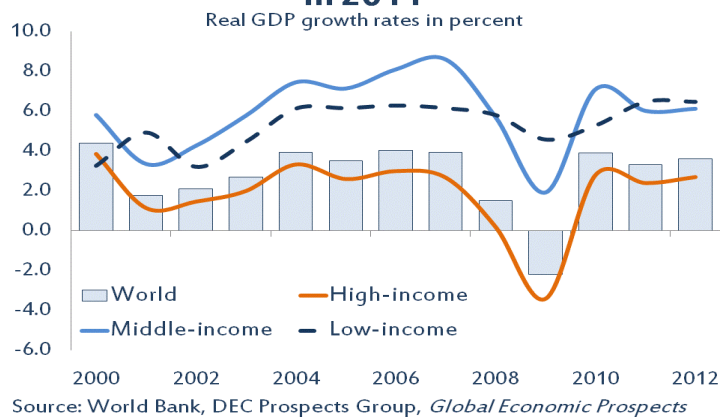
Dok je svetska ekonomija na globalnom planu beležila pad nakon ekonomske krize 2008 godine, sport, kao grana industrije, je ima stabilan stalni rast bez obzira na globalno stanje kao i bez uticaja velikih sportskih dešavanja koja se ciklično ponavljaju (olimpijada ili svetskih takmičenja).

Figure 3
The worldwide sports industry has grown steadily, despite cyclical nature of major events



Slika br. 1. Globalni rast svetske sportske industrije (preuzeto sa http://www.atkearney.com/en_GB/paper/-/asset_publisher/dVxv4Hz2h8bS/content/the-sports-market/10192)

Annual growth projected to slow somewhat in 2011



Slika br.2. Trend ekonomije u istom periodu (preuzeto sa <http://blogs.worldbank.org/prospects/prospects-weekly-global-economic-prospects-report-projects-that-world-real-gdp-growth-will-moderate>)

Izuzetno je zanimljivo pogledati tabelu odnosa prosečne zarade na teritoriji Velike Britanije u odnosu na prosečnu platu fudbalera Premijer lige:

OFFICIAL: The basic average annual pay of England's professional players since 1984											
Average UK workers wage, £	Season	Top tier		Second tier		Third tier		Fourth tier		Annual growth	
		First Division	Second Division	Third Division	Fourth Division	%	%	%	%		
£9,984	1984-85	£24,934	£15,507	£11,261	£8,314						
£10,764	1985-86	£28,146	£16,970	£11,982	£9,206	11.41	8.62	6.02	9.69		
£11,648	1986-87	£28,308	£17,237	£12,350	£9,139	0.57	1.55	2.98	-0.73		
£12,740	1987-88	£28,722	£16,520	£13,740	£9,684	1.44	-4.34	10.12	5.63		
£13,988	1988-89	£37,284	£20,072	£14,924	£11,128	22.96	17.70	7.93	12.98		
£15,340	1989-90	£41,600	£23,920	£18,200	£12,480	10.38	16.09	18.00	10.83		
£16,536	1990-91	£52,000	£29,120	£19,240	£14,040	20.00	17.86	5.41	11.11		
£17,680	1991-92	£59,904	£33,592	£21,840	£15,860	13.19	13.31	11.90	11.48		
	RENAMING	Premier League	First Division	Second Division	Third Division	Annual growth	Annual growth	Annual growth	Annual growth		
£18,356	1992-93	£77,083	£40,728	£21,840	£16,640	22.29	17.52	0.00	4.69		
£18,824	1993-94	£93,968	£47,358	£23,745	£17,190	17.97	14.00	8.02	3.20		
£19,552	1994-95	£116,448	£51,480	£24,076	£19,760	19.30	8.01	1.38	13.01		
£20,332	1995-96	£130,896	£52,000	£26,000	£21,840	11.04	1.00	7.40	9.52		
£21,632	1996-97	£175,066	£56,680	£28,600	£20,540	25.23	8.26	9.09	-6.33		
£22,828	1997-98	£244,908	£59,280	£34,060	£24,492	28.52	4.39	16.03	16.14		
£23,660	1998-99	£313,959	£62,608	£39,104	£23,244	21.99	5.32	12.90	-5.37		
£24,596	1999-00	£383,835	£71,500	£38,532	£25,272	18.20	12.44	-1.48	8.02		
£26,000	2000-01	£451,274	£94,640	£52,416	£28,704	14.94	24.45	26.49	11.96		
£27,300	2001-02	£566,932	£115,700	£50,336	£28,600	20.40	18.20	-4.13	-0.36		
£28,132	2002-03	£611,068	£90,948	£59,488	£30,056	7.22	-27.22	15.38	4.84		
£28,600	2003-04	£651,222	£92,300	£55,052	£42,472	6.17	1.46	-8.06	29.23		
	RENAMING	Premier League	Championship	League One	League Two	Annual growth	Annual growth	Annual growth	Annual growth		
£29,640	2004-05	£630,355	£109,746	£49,285	£33,968	-3.31	15.90	-11.70	-25.03		
£30,784	2005-06	£685,748	£127,192	£48,776	£35,672	8.08	13.72	-1.04	4.78		
£31,616	2006-07	£778,103	£152,620	£57,148	£28,860	11.87	16.66	14.65	-23.60		
£33,124	2007-08	£960,377	£136,292	£51,064	£34,476	18.98	-11.98	-11.91	16.29		
£33,540	2008-09	£1,066,391	£182,000	£75,400	£34,424	9.94	25.11	32.28	-0.15		
£34,112	2009-10	£1,162,350	£211,068	£73,320	£38,844	8.26	13.77	-2.84	11.38		

Sources: Figures from internal PFA union files. Except Premier League since 1992, numbers sourced by Sportintelligence, and ratified as accurate
 NB: All figures reflect basic pay. Typically increases 50-100 per cent with appearances / bonuses. Rates vary by clubs / eras. Graphic: Sportintelligence.com

Slika br.3. Odnos prosečne plate u Velikoj Britaniji proslečne zarade fudbalera u period od 1984- 2010 godine (preuzeto sa <http://www.sportintelligence.com/2011/10/30/revealed-official-english-football-wage-figures-for-the-past-25-years-301002/>)

Iz nje se može uočiti da je odnos prosečne plate u Velikoj Britaniji i prosečne plate fudbalera tokom 25 godina sa odnosa 2,5 u korist fudbalera, skočio na 34 takođe u korist fudbalera (7). Neki od današnjih fudbalskih zvezda Evrope, poput Messi-ja ili Ronalda, zarađuju na dnevnom nivou oko 110000£(8) što je prosek godišnje plate lekara na nivou starijeg specijaliste u Velikoj Britaniji (9).

Veoma je primetno da su se profesionalne utakmice u većini sportova znatno ubrzale. Tako je vreme napada u košci skraćeno za 1/3, u odbojci je ukinuta tzv. „promena“ a fudbaleri tokom svake sezone pretrčavaju sve više kilometara tokom jedne utakmice. Jed Davies, fudbalski trener, iznosi podatke da se aktivno vreme igranja u toku jedne utakmice sa 55 minuta 1990. godine produžilo na čak 70 minuta(10). U proseku, fudbaleri po jednoj utakmici pretrče oko 10km, a timovi su u proseku od sezone 2003/2004. godine do

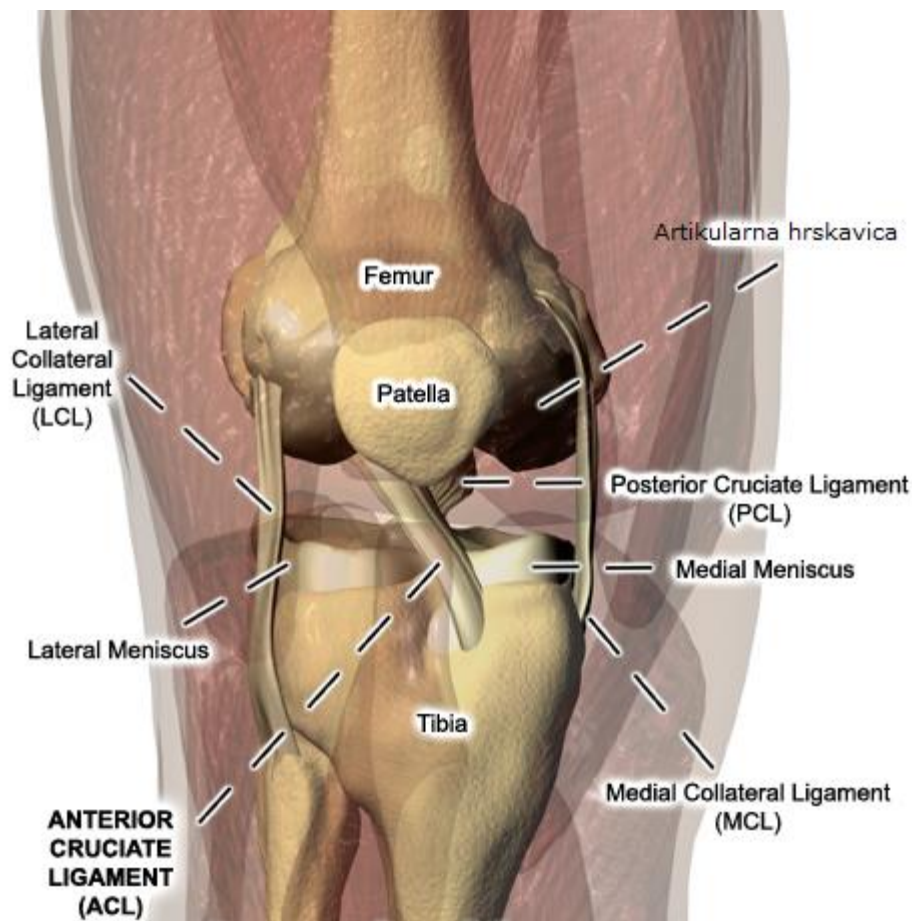
sezone 2005./2006. god povećali broj visoko zahtevnih fizičkih aktivnosti (trčanje brzinom koja je 75% ili više od brzine sprinta) tokom jedne utakmice sa 627 na 1209 a deo terena koji igrači pokrivaju tokom sprinta se povećao za 40%, pa je tako prosečna brzina fudbalera u toj sezoni Premijer lige bila 14sec/100 metara. U odnosu na fudbalere koji su bili aktivni tokom šezdesetih godina prošlog veka, današnji fudbaleri treba da pokriju u proseku 50% veći deo terena znatno većom brzinom tokom 50-ak utakmica u jednoj sezoni koliko vodeći tim odigra u nacionalnoj i internacionalnim ligama(11).

S obzirom da po navodima u medicinskoj literaturi fudbal na svetskom nivou igra oko 200 000 profesionalaca i 240 miliona amatera, razumljiva je velika medicinska zainteresovanost koja za njega vlada jer je i broj povreda izuzetno veliki(12). Studija koja je sprovedena pod pokroviteljstvom UEFA-e otkrila je da se na 1000 sati igranja u vrhunskim timovima, dešava čak 8 povreda, da svaki igrač tokom sezone zadobije barem dve povrede, da je udeo ozbiljnih povreda (koje iziskuju odsustvo sa terena duže od 28 dana) iznosio 16%, kao i da je svaki tim imao 8 ozbiljnih povreda, da su igrači gubili po 37 dana tokom sezone, što za tim na nivou sezone znači gubitak od 12% od ukupno 300 aktivnih dana(13).

U cilju prevencije nastanka povreda i odsustva igrača sa terena, razvijeni su mnogobrojni programi različitih načina zagrevanja, delova treninga koji utiču prvenstveno na poboljšanje proprioceptivnih sposobnosti, do čak uvođenja baletskih vežbi igračima američkog fudbala(14)(15). Značaj prevencije je uvidela i FIFA pod čijim pokroviteljstvom je i osmišljen specijalni program proprioceptivnog treninga u cilju prevencije nastanka povreda kod fudbalerki ali taj program se sve više primenjuje i u muškim klubovima(14)(16)

1.2. KOLENO

Zglob kolena je jedan od najsloženijih sistema u oblasti humane kinetike. Sastavljen od velikog broja ćelija, koleno funkcioniše kao biološki sistem transmisije čija uloga je da prihvati, prenese i dai pored ogromnog velikog opterećenja između femura, tibije i patele, očuva tkivnu homeostazu tokom više decenija svakodnevnog korišćenja(17)(18). Mnogobrojne asimetrične strukture ovog zgloba, uključujući i bikondilarni femur, ukrštene ligamente i meniskuse, su evolucijske arhaične strukture koje su se u istoriji prvi put pojavile pre 320 miliona godina kod prvih suvozemnih sisara sa razvijenim ekstremitetima(19).



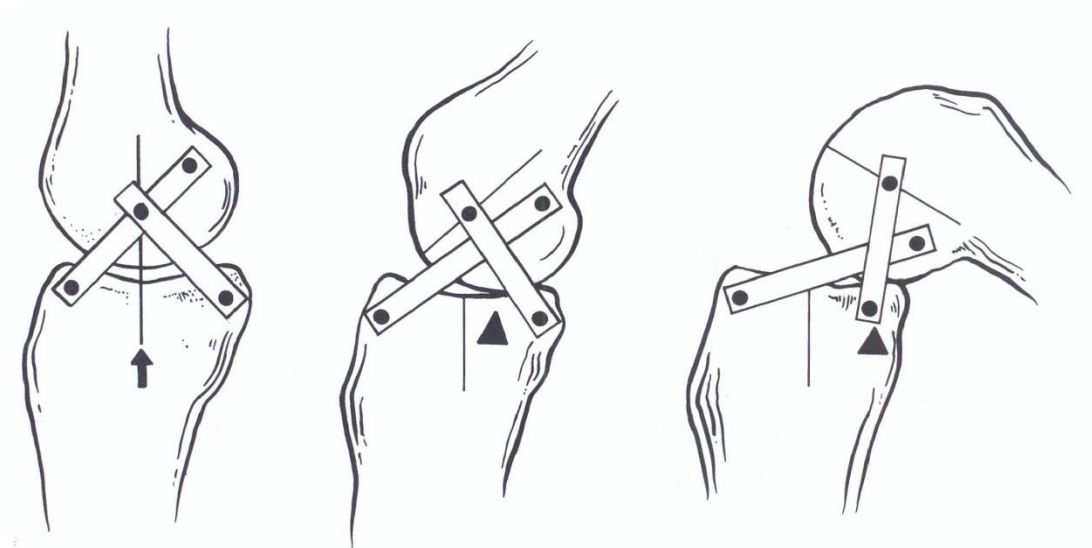
Slika br. 4. Shematski prikaz zgloba kolena

(preuzeto sa <http://drwaltlowe.com/knee-anatomy/>)

Ligamenti imaju ulogu koja se može definisati kao spoznajna adaptivna veza ovog biološkog modela a meniskusi su pomoćnici u nošenju tereta. U ovom

sistemu mišići imaju funkciju da putem koncentričnih kontrakcija, kao motor sastavljen od ćelija, dajusposobnost pokreta svim delovima zgloba. Svojim ekscentričnim kontrakcijama imaju ulogu kočnice, kao i sistema za „podmazivanje“ pri tome apsorbujući sve iznenadne promene opterećenja promenom intenziteta tonusa.

U svojoj funkcionalnoj kinematici, koleno podseća na sistem „četvorostrukogoslonača“ kao što su to opisali Nenschik i Muller pri čemu se tačka tj. mesto kontaktabedrenjače i golenjače pomera put nazad pri pokretu od opružanja ka savijanju(20)(slika br.5). Normalno funkcionisanje zdravog kolena bilo bi nemoguće bez kompleksnog sistema neurološki komponenti koje obezbeđuju senzornu inervaciju, uključujući i propriocepciju, kao i aktivnu mišićnu kontrolu.

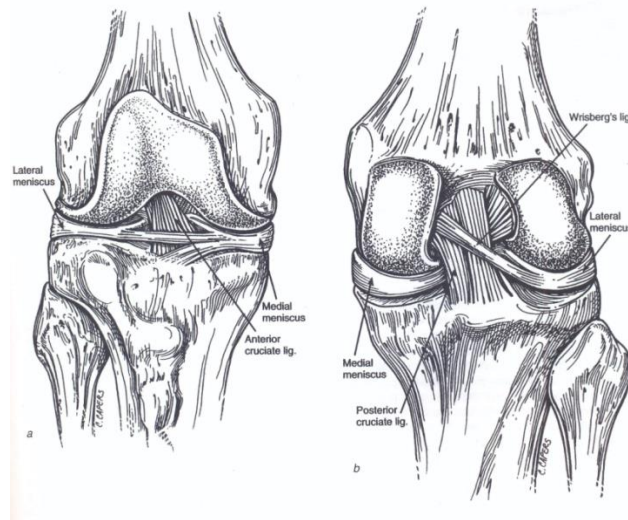


Slika br.5. Pomeranje tibije u odnosu na femur

(preuzeto iz Dye SF. An evolutionary perspective of the knee. J Bone Joint Surg Am. 1987 Sep;69(7):976-83)

Koleno, koje ima izuzetno značajnu ulogu u obezbeđivanju stabilnosti, sinhronosti pokreta i zaštite od povreda celog organizma, mora u osnovi imati pravilno funkcionisanje svih svojih strukturalnih delova. Funkcionalna povezanost svih anatomskih struktura kolena dobro je poznata ali je po navodu Helfeta, anatomsko-funkcionalni kontinuitet ligamenata i

meniskalnih struktura kolena prvi opisao Harry Platt(21). On je i autor termina „figura osmice“. Od njegovog vremena pa sve do savremenih istraživanja, veliki broj naučnika se bavio istraživanjem izuzetno složene funkcionalne anatomije i kliničke biomehanike zgloba kolena(22).



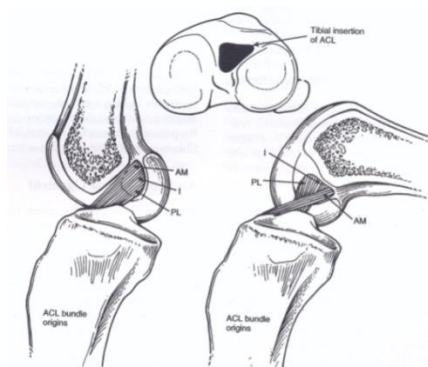
Slika br.6. Odnosi ukrštenih ligamenata i meniskusa;
a) anteriorni aspekt, b) posteriorni aspekt
((preuzeto iz Dye SF. An evolutionary perspective of the knee. J Bone Joint Surg Am. 1987 Sep;69(7):976-83))

Svi delovi kolena teže da se odupru sili koja nastaje pri kontaktu stopala sa podlogom i koja se prenosi na gornje partije lokomotornog sistema kroz čitav proces hoda i time omogućava savlađivanje momenta inercije cele noge tokom faze njihanja ciklusa hoda. I najmanja patološka promena na strukturama zgloba kolena će tokom vremena dovesti do poremećaja u kretanju što će sledstveno izazvati velike posledice na sve aktivnosti dnevnog života, i na taj način na fizički i psihički integritet pojedinca i njegovu ulogu u društvu kao aktivne jedinke.

U kolenom zglobu vrše se dva osnovna pokreta, ekstenzija i fleksija, kao i pokreti valgusa tj. varusa i unutrašnje i spoljne rotacije ali oni su znatno manjeg obima(23). Funkcionalna stabilnost kolena, kroz fiziološki obim pokreta, se postiže sinhronim delovanjem koštanih zglobnih površina, ligamenata, meniskusa i zglobne kapsule, koji predstavljaju pasivne stabilizatore i mišićima

koji okružuju koleno tj. njihovim pripojima koji predstavljaju aktivne stabilizatore zgloba kolena (24).

Osnovni stabilizatori kolena u sagitalnoj ravni su prednji i zadnji ukršteni ligament koji zajedno čine centralni ligamentarni aparat, a predstavljaju i centar kinematike kolena(25).Njihova primarna uloga je u ograničavanju anterioposteriorne translacije tibije. Biomehanička efikasnost ligamenata u stabilizaciji zgloba kolena zavisi od stepena fleksije, zato što je funkcionalni ugao njihovog delovanja različit u odnosu na položaj u kom se koleno nalazi. Ukršteni ligamenti nisu jedinstvene celine, već predstavljaju složen sistem sastavljen najčešće od anteromedijalnog i posterolateralnog snopa koji se različito ponašaju tokom pokreta fleksije kolena(26)(27). Pri punoj opruženosti kolena, vlakna oba snopa su paralelna i sva su u istom stepenu zategnutosti.Dužina i zategnutost anteromedijalnog snopa prednjeg ukrštenog ligamenta se povećava sa povećanjem stepena fleksije u kolenu a vlakna posterolateralnog snopa se skraćuju i smanjuje im se zategnutost pri istom pokretu(28)(29). Vlakna zadnjeg ukrštenog ligamenta u punoj ekstenziji su opuštene osim zadnje-kosog snopa(30). Zahvaljujući ovakvoj građi centralni ligamentarni aparat kolena vrši dve suprotne uloge. On omogućava kontinuiranu mobilnost artikularnih površina obezbeđujući permanentni kontakt kroz ceo obim pokreta fleksije, a istovremeno i limitira preteranu pokretljivost dajući otpor silama koji deluju na koleno tokom pokreta(31).



Slika br 7. Položaj snopova pri pokretima zgloba kolena(preuzeto iz Dye SF. An evolutionary perspective of the knee.J Bone Joint Surg Am. 1987 Sep;69(7):976-83)

Sumirajući podatke mnogobrojnih studija može se zaključiti da je zglob kolena mehanizam sa dva nezavisna stepena slobode, fleksijom i tibijalnom rotacijom, unutar koga je razvijen limit pokreta(28)(32). Dakle, pomeranje potkolenice se postiže sinhronomakcijom ova dva pokreta uz minimalan valgus i varus položaj. Obim pokretaje limitiran delovanjem ligamenata, kako kolateralnih tako i ukrštenih, zglobne čaure ali i samih zglobnih površina. Centralni ligamentarni aparat predstavlja osnovu pasivne stabilnosti zgloba kolena delujući u sve tri ravni, a ne samo u sagitalnoj(31)(32). Muller i Menschiksu izneli stav da su ukršteni ligamenti, pored oblika kondila femura, najznačajniji za kinematiku kolena, kao i da ligamenti imaju veoma značajnu ulogu pri prenošenju opterećenja tokom hoda(33)(34). Utvrđeno je da pri stepenu fleksije većem od 45° prednji snop prednjeg ukrštenog ligamenta preuzima 90-95% opterećenja, dok su pri punoj ekstenziji kolena oba snopa podjednako opterećena(25).

Razumljivo je da je pokretljivost u kolenu rezultat kombinacije istovremenog delovanja spoljnih i unutrašnjih sila. Tokom hoda mehanoreceptori u strukturama svih elemenata kolena prikupljaju informacije zahvaljujući kojima centralni nervni sistem vrši kontrolu kretanja i eventualno prilagođava odgovor kinezioloških delova kolena na spoljne sile koje deluju na njega. Rezultati mnogih studija su pokazali da su tenziona sile koje su prisutne u ukrštenim ligamentima veće pri velikim brzinama nego pri manjim. Ovo je verovatno samo posledica viskoznih osobina ligamenata tj. same strukture kolagenih fibrila i njihovog rasporeda.

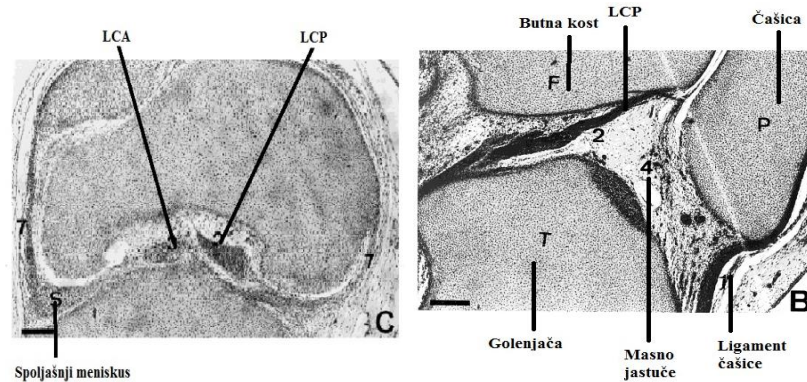
Koleno zato treba shvatiti kao kompleksan skup asimetričnih pokretnih delova. Cilj ovih različitih sistema je da prihvate, prenesu i razlože sile opterećenja nastale na okrajcima femura i tibije. U okviru kretanja ligamenti predstavljaju osetljivi i prilagodljiv, međusobno povezani sistem, artikularna hrskavica statična a meniskusi mobilna ležišta. Muskulatura predstavlja generatore sila pokreta i njihovog kočenja pod kontrolom kompleksnog neurološkog mehanizma(35).

Embriološki razvoj kolena

O embriogenom razvoju zgloba kolena u prethodnim decenijama se pisalo više nego o bilo kom drugom zglobu. Razlog za to je velična i kompleksnost kolenog zgloba, ali i u njegovklički značaj. Gametni pupoljci donjih ekstremiteta se pojavljuju u četvrtoj nedelji intrauterinog razvoja, dok hondrifikacija butne kosti i kostiju potkolenicezapočinje tokomšeste nedelje embriogneze.

Na sredini, između okrajaka bedrenjače i golenjače se nalazi jedanavrpcamezenhimalnog tkiva, koja se tokom vremena kondenzuje, pomera put napred i kranijalno, a predstavlja početak razvoja kolene čašice(36). Tokom osme nedelje gestacijske starosti počinje embrionalni razvoj zgloba kolena pojavom obrisa zglobnog prostora(37). Tada se pojavljuju brojne manje šupljine u predelu kondila butne kosti i čašice, čijim spajanjem se dobija veća šupljina, tako da u naredne dvei po nedelje zglob kolena postaje jedinstvena celina obložena sinovijalnom membranom.

Samim tim, ni embriogeneza menisko-ligamentarnih struktura unutar kolena ne može biti posmatrana kao izolovan proces, jer se razvoj svih struktura kolena, i koštanih i mekotkivnih, odvija paralelno i povezano. U periodu oko pedesetog dana od oplodjenja jajne ćelije započinje razvoj ligamenta čašice, u vidu produžetka tetive četvoroglavog mišića natkolenice (*m. quadriceps*), dok 52-og dana započinje razvoj oba ukrštena ligamenta. Zadnji ukršteni ligament razvija se ranije od prednjeg. Krajem 8. nedelje (oko 55-og dana), u mezenhimalnom tkivu nalazi se gotovo u celini formirani i prednji i zadnji ukršteni ligament, sa vlaknima koja su već tada zauzela pravac pružanja koja će zadržati i kod odraslih. U 9-toj nedelji gestacijskog razvoja dolazi do jasnog diferenciranja prednjeg roga spoljašnjeg meniskusa i prednjeg ukrštenog ligamenta (Slika 8)(38).

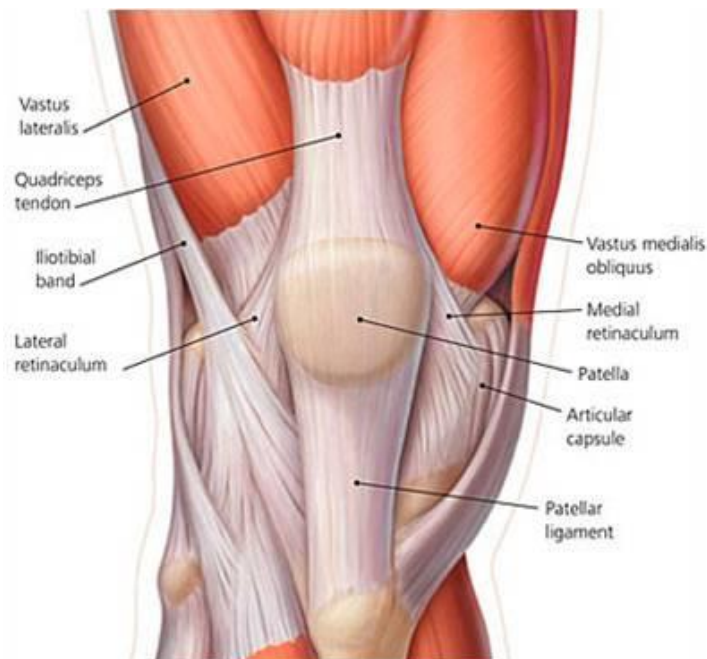


Slika br.8.Hištološki preparat preseka kolena embriona uzrasta 9 nedelja i 10 ½ nedelja (preuzeto iz rada Merida-Velasco JA i sar, The Anatomical Record, 1997.).

U devetoj nedelji uočava se kondenzacija zglobne kapsule sa unutrašnje strane zgloba, što predstavlja početak razvoja medijalnog kolateralnog (LCM), dok je razvoj lateralnog kolateralnog ligamenta (LCL) nezavistan od zglobne kapsule. Već u desetoj nedelji LCL je jasno definisan, formiranje LCM je u završnoj fazi, a u zadnjem delu zglobnog prostora kolena mogu se primetiti vlakna koja se pružaju od zadnjeg roga spoljašnjeg meniskusa ka zadnjem ukrštenom ligamentu i predstavljaju *Wrisberg*-ov meniskofemoralni ligament (Slika 5.).

Mišići zgloba kolena

Najveći i najznačajniji mišić kolenog zgloba je četvoroglavi mišić buta (*m. quadriceps femoris*), koji se sastoji iz, kao što mu ime i kaže, četiri glave: pravi mišić buta (*m. rectus femoris*), unutrašnji stegnjeni mišić (*m. vastus medialis*), spoljašnji stegnjeni mišić (*m. vastus lateralis*) i srednji stegnjeni mišić (*m. vastus medialis*). Ova četiri mišića se spajaju u jednu zajedničku završnu tetivu koja prelazi preko čašice (*patella*) i pripaja se na golenjačnom ispupčenju (*tuberositas tibiae*). Ovi mišići svojom koncentričnom kontrakcijom ispružaju potkolenicu u odnosu na natkolenicu a ekscentričnim kontrakcijama usporavaju kretanje i smanjuuju i apsorbuju stres koje na koleno vrši podloga(39).



Slika br. 6 Mišići kolena – prednja strana, površinski izgled

(preuzeto sa <http://fromthepoint.com/wp-content/uploads/2010/11/knee-muscles.jpg>)

Takozvani *hamstring* mišići: polužilasti mišić (*m. semitendinosus*), poluopnasti mišić (*m. semimembranosus*) i dvoglavi mišić buta (*m. biceps femoris*), čine zadnju mišićnu ložu natkolenice. Zajednički pripoj terzijskog mišića (*m. sartorius*), vitkog mišića (*m. gracilis*) i polužilastog mišića, nazvan zbog svog oblika “guščja noga” (*pes anserinus*), ima značajnu ulogu u unutrašnjoj rotaciji golenjače a dodatno i stabilizuje koleno po pitanju

prednjounutrašnje rotatorne nestabilnosti. *M. semimembranosus* ima pet tipičnih delova tetive koji imaju različite pripoje u predelu unutrašnjeg dela zadnje strane kolena: 1) obla zatkolena veza (*lig. popliteum obliquum*), 2) posteriorna kapsula i zadnji rog medijalnog meniskusa, 3) prednja ili duboka grana, 4) direktna tetiva, i 5) donja grana. Ovaj komplikovani sistem pripoja ima nekoliko funkcija, uključujući i zatezanje ligamenata zadnje strane zgloba kolena čime se dodatno dinamički stabilizuje zglob kolena u fleksiji. Takođe, pri fleksiji povlači se zadnji rog unutrašnjeg meniskusa put nazad, sprečavajući tako kompresivnu povredu meniskusa dejstvom unutrašnjeg zglobnog ispupčenja butne kosti (*condylus medialis femoris*), sa gornje, i tibijalnog platoa, sa donje strane.

M. biceps femoris ima dugu i kratku glavu a zajednički donji pripoj. Svojom dugom glavom kreće sa sedalne kvrge (*tuber ischiadicum*), a kratkom sa srednjeg dela trnovite linije butne kosti (*linea aspera femoris*), da bi se završile zajedničkim pripojem na glavi lišnjače (*caputfibulae*). Funkcija ovog mišića je aktivna fleksija kolena i povlačenje zadnjeg roga spoljašnjeg meniskusa (*cornu posterius menisci lateralis*) put nazad čime se sprečava povreda meniskusa koja bi mogla nastati njegovim neadekvatnim položajem pri savijanju u zglobu kolena.

Zatkoleni mišić (m. popliteus se pruža koso nadole i prema unutra, prelazeći preko zadnje strane zgloba kolena; proksimalni pripoj ovog mišića je na spoljašnjem epikondilusu butne kosti (*epicondylus lateralis femoris*), a distalni na zadnjoj strani tela golenjače, iznad linije pripoja širokog mišića lista (*linea m. solei*). I pored ovih svojih koštanih uporišta, zatkoleni mišić deluje i statički i dinamički na zglob kolena. Dinamičkom ulogom obezbeđuje unutrašnju rotaciju golenjače i retrakciju zadnjeg roga spoljašnjeg meniskusa a statičkom ulogom sprečava nastanak posterolateralne rotacije, varusa i hiperekstenzije.

Dvotrbušasti mišić lista (m. gastrocnemius) je mišić potkolenice sa medijalnom (*caput mediale*) i lateralnom glavom (*caput laterale*) čija se polazišta nalaze malo iznad femoralnih kondila. Obe glave se spajaju u području potkolenice i zajedničkom, tzv. Ahilovom tetivom (*tendo calcaneus Achilis*), se

pripajaju na zadnjoj strani petne kosti (*calcaneus*). Zahvaljujući tome što je dvozglobni mišić, učestvuje u pokretu fleksije u kolenu ali mu je primarna uloga plantarna fleksija stopala.

Široki mišić lista (*m. soleus*) je treći mišić koji zajedno sa prethodnim gradi troglavi mišić lista (*m. triceps sure*) ali koji, za razliku od prethodnog, nije dvozglobni jer mu se gornji pripoj nalazi na istoimenoj liniji (*linea musculi solei*) smeštenoj na zadnjim stranama golenjače i lišnjače, te ga to čini samo plantarnim fleksorom stopala jer mu je donji pripoj u sastavu Ahilove tetive na zadnjoj strani petne kosti.

Za razliku od njega, tabanski mišić (*m. plantaris*) je dvozglobni mišić koji gornji pripoj ima na donjem delu spoljašnje nadzglobne linije butne kosti (*linea supracondylaris lateralis*), a donji na petnoj kosti, iznad pripoja Ahilove tetive. Po svojoj funkciji on je pomoćni fleksor kolena i plantarni fleksor stopala (40).

U toku ekstenzije kolena i usporavanja pokreta, mora postojati izbalansirana kontrakcija svih glava četvoroglavog mišića buta da bi se dinamički stabilizovala patela, inače u suprotnom može doći do tendencije da se patela subluksira na stranu jačeg dela mišića. Četvoroglavi mišić buta u sinergističkom delovanju sa zadnjom ukrštenom vezom stabilizuje koleno i sprečava nastanak zadnje luksacije, dok prednju luksaciju svojim sinergističkim delovanjem sprečavaju *hamstring* mišići (pre svega *m. semimembranosus* i *m. biceps femoris*) i prednji ukršteni ligament (*lig. cruciatum anterius*) (41).

Zglob kolena

Zglob kolena grade tri kosti: butna kost (*femur*), čašica (*patella*) i golenjača (*tibia*), a sa njima i meniskusi i zglobne veze. Mogu se morfološki izdvojiti patelofemoralni zglob i femorotibijalni zglob sa dva odeljka, spojašnjim i unutrašnjim. Zglob je zaštićen dobro inervisanom zglobnom ovojnicom, koja se pruža proksimalno od čašične zglobne površine butne kosti (*facies patellaris femoris*), u proseku 4 -5 cm, i formira suprapatelarni džep zgloba kolena (42). Ova dosta voluminozna šupljina je presečena poprečnom vezivnom trakom koja se zove suprapatelarni nabor i koja je rudimentarni ostatak embrionalne strukture koja je koleno delila na dva dela (43). Ekspresija ove pojave kod odraslih je varijabilna i može postojati od oblika potpune pregrade koja deli šupljinu kolenog zgloba od nadčašične sinovijalne kesice (*bursa suprapatellaris*) do različitih varijacija nepotpunog septuma (44).

Čašičnobutni (patelo-femoralni) zglob

Čašica ima ulogu kliznog ležišta u fiziološkom sistemu transmisije u zglobu kolena (45). Ona povećava snagu vuče četvoroglavog mišića buta povećavajući krak poluge ekstenzornog mehanizma a njena debljina udaljava patelarni ligament od tačke kontakta butne kosti i golenjače (46). Zglobna površina čašice, koja se nalazi sa njene donje strane, prekrivena je najdebljom zglobnom hrskavicom među svim diartrodialnim zglobovima (42). Čašična zglobna površina butne kosti ima dve fasete, medijalnu i lateralnu, koje između sebe formiraju žleb koji predstavlja vođicu za pokrete čašice, i odgovaraju delovima zglobne površine na zadnjoj strani čašice (*facies articularis patellae*). Lateralna faseta čašice smeštena je više napred i proksimalno u odnosu na medijalni doprinoseći na taj način stabilnosti patele. Vrh čašice (*apex patellae*) nije uvek na istom odstojanju od zglobne površine na butnoj kosti, a najveće je pri uglu od 30° čime se postiže najveći krak poluge i pojačava sila delovanja četvoroglavog mišića buta (42)(47).

Butnogolenjačni (femoro tibijalni) zglob

Medijalni kompartment femorotibijalnog zgloba je mnogo zatvoreniji i samim tim slabije toleriše povećanje femorotibijalne translacije i rotacije u odnosu na spoljašnji deo zgloba zbog prisustva koštanih, hrskavičavih i vezivnih struktura u tom delu zgloba kolena. Ovim se mogu objasniti i veća prevalencija povreda struktura ovog kompartmenta, naročito medijalnog meniskusa u odnosu na lateralni. Unutrašnje zglobno ispučenje butne kosti (*condylus medialis femoris*) je manje u sagitalnoj ravni u odnosu na spoljašnje zglobno ispučenje a koje je šire u frontalnoj ravni. Širina unutrašnjeg zglobnog ispučenja je skoro konstantna u celom njegovom obimu, dok se spoljašnje zglobno ispučenje sužava put nazad. Svojim širim delom unutrašnje zglobno ispučenje je u kontaktu sa golenjačom tokom ekstenzije. Gornja zglobna površina golenjače (*facies articularis superior tibiae*) sastoji se iz dva dela ili platoa, spoljašnjeg i unutrašnjeg. Unutrašnji plato je konkavnog oblika i na njemu leži unutrašnji meniskus (*meniscus medialis*) ostavljajući manje prostora za pokrete unutrašnjeg zglobnog ispučenja butne kosti. Spoljašnji plato je malo konveksniji, što daje utisak da nije u kongruenciji sa konkavnošću spoljašnjeg zglobnog ispučenja butne kosti, ali upravo zahvaljujući ovakvom odnosu pomenutih struktura spoljašnje zglobno ispučenje butne kosti ima veći stepen klizanja prema nazad tokom pokreta savijanja(48). Oba konveksiteta, spoljašnjeg platoa golenjače i spoljašnjeg zglobnog ispučenja butne kosti doprinose mehanizmu „zaključavanja“ u pokretu unutrašnje rotacije butne kosti u odnosu na statičnu golenjaču pri pokretu ekstenzije. Pri fleksiji ovaj veći spoljašnji kompartment klizi unazad zahvaljujući zadnjem nagibu golenjačnog platoa, dovodeći do funkcionalne unutrašnje rotacije golenjače i stopala u odnosu na relativno statičnu butnu kost. Gornja zglobna površina golenjače ima zadnji nagib od 10° (49). Kako je koleno savijeno tokom trčanja i hodanja ovaj ugao dovodi golenjaču u skoro paralelan položaj sa nosećom površinom. Bez ovog fiziološkog nagiba, plato bi se nagnuo put napred i time ugrozio funkcionalnu stabilnost zgloba kolena.

Vanzglobni ligamenti zgloba kolena

Sa prednje strane kolena nalazi se čašična veza (*lig. patellae*) koja predstavlja završetak ekstenzornog mehanizma kolena tj. četvoroglavog mišića buta. U literaturi se može sresti i naziv tibiopatelarni ligament jer faktički spaja dve kosti, patelu i tibiju.

Sa unutrašnje strane zgloba kolena nalazi se unutrašnja bočna veza (*lig. collaterale mediale*), koji se u literaturi često naziva i tibijalni kolateralni ligament, a anatomski je dobro definisana struktura koja leži površno u odnosu na unutrašnji deo zglobne čaure. Polazi sa unutrašnjeg epikondilusa butne kosti (*epicondylus medialis femoris*) a pripaja se 6 do 9 cm distalno od zglobne šupljine, na zadnjoj strani gornjeg okrajka golenjače ispod pripoja tetiva koje grade *pes anserinus*. Funkcija unutrašnje bočne veze je prevencija ekstremnih valgus položaja. Ispod ovog ligamenta nalazi se mala burza koja ga odvaja od kapsularnih, ili koronarnih, ligamenata koji se dele na prednju, srednju i zadnju trećinu (50). Ovi kapsularni ligamenti se u literaturi često sreću i kao meniskofemoralni i meniskotibijalni ligamenti jer su oni periferni pripoji meniskusa za butnu kost i golenjaču a pomoćna uloga im je sprečavanje nastanka po tkivo pogubnih položaja valgus i varus deformiteta (51).

Sa spoljašnje strane kolena nalaze se statičke strukture kolena koje su nenapregnute u položaju fleksije. Tek usled dinamičke kontrakcije spoljašnje grupe mišića natkolenice dolazi do zatezanja ligamentarnih stabilizatora koji se nalaze sa ove strane zgloba kolena. *Tractus iliotibialis* je završni deo mišića zatezača butne fascije (*m. tensor fasciae latae*) od kojeg se put čašice pruža iliopatelarni ligament. Sama traka se pripaja na zadnjoj polovini spoljašnje golenjačne kvržice, a ima funkciju da opruža koleno koje je u položaju od 0 ° do 30° fleksije, a preuzima ulogu pomoćnog fleksora kolena koje je u položaju od 40 ° do 145° fleksije (20) Takođe, ima ulogu i u statičkoj stabilizaciji kolena. Spoljašnja, ili lišnjačnja, bočna veza (*lig. collaterale fibulare*) je vrpčasta struktura koja polazi sa lateralnog epikondila femura a distalno se pripaja na vrhu glavice lišnjače (*apex capitis fibulae*) i ima ulogu u lateralnoj stabilizaciji kolena i sprečavanju deformišućih varus položaja kolena. Ovako jasna

distinkcija ligamenata lateralnog kompartmenta kolena se retko kad nalazi u *in vivo* uslovima. Vlakna zatkolene lučne veze (*lig. popliteum arcuatum*) i fascija spoljašnje glave dvotrbušastog mišića (*caput laterale muscui gastrocnemii*) često oblažu *lig. collaterale fibulare* spajajući se sa pripojem dvoglavog mišića buta, često šaljući i vlakna ka fasciji koja prekriva prednju mišićnu ložu potkolenice, što sve zajedno dovodi to težeg anatomskeg uočavanja svih struktura (51).

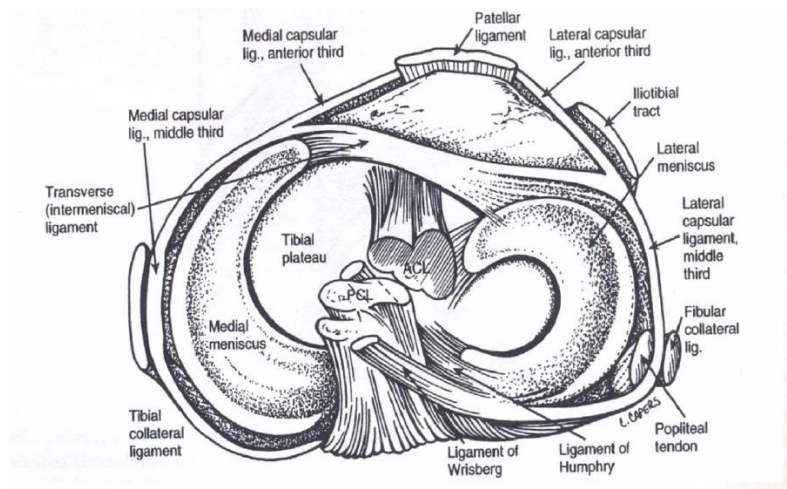
Sa zadnje strane kolena nalazi se *lig. popliteum arcuatum* koji predstavlja zadebljanje zglobne čaure koje pokriva deo spoljašnjeg zglobnog ispupčenja butne kosti. Proksimalni pripoj mu je ispod pripoja spoljašnje glave dvotrbušastog mišića sa čijim vlaknima se često prepliće, distalno postaje zadnja trećina meniskotibijalnog ligamenta gde se spaja sa zatkolenim mišićem, a deo vlakana se pruža i prema zadnjoj strani glavice lišnjače. Funkcija mu je u umanjivanju efekta delovanja sila koje deluju u zadnjem i zadnjepoljašnjem pravcu. Kosa zatkolena veza (*lig. popliteum obliquum*) je produžetak poluopnastog mišića i pruža se od pripoja ovog mišića koso preko zadnje strane golenjače prema napred i spolja, a pripaja se pored pripoja spoljašnje glave dvotrbušastog mišića na posterolateralnom delu femura doprinoseći zadnjoj stabilizaciji zgloba kolena.

Meniskusi

Zglobni koluti ili meniskusi su vezivnohrskavičave strukture, klinastog oblika koji se nalaze između zglobnih ispupčenja butne kosti i tibijalnog platoa.

Unutrašnji meniskus (*meniscus medialis*) se opisuje kao struktura u obliku slova „C“ dok je spoljašnji (*meniscus lateralis*) više kružnog oblika i pokriva veću površinu (skoro dve trećine) tibijalnog platoa. Konkavna gornja strana je u skladu sa oblikom zglobnih ispupčenja butne kosti, dok im je donja strana ravna i u kontaktu sa tibijalnim platoom. Spoljašnji deo obodne površine oba meniskusa je konveksan i deblji u odnosu na unutrašnji deo koji je konkavan.

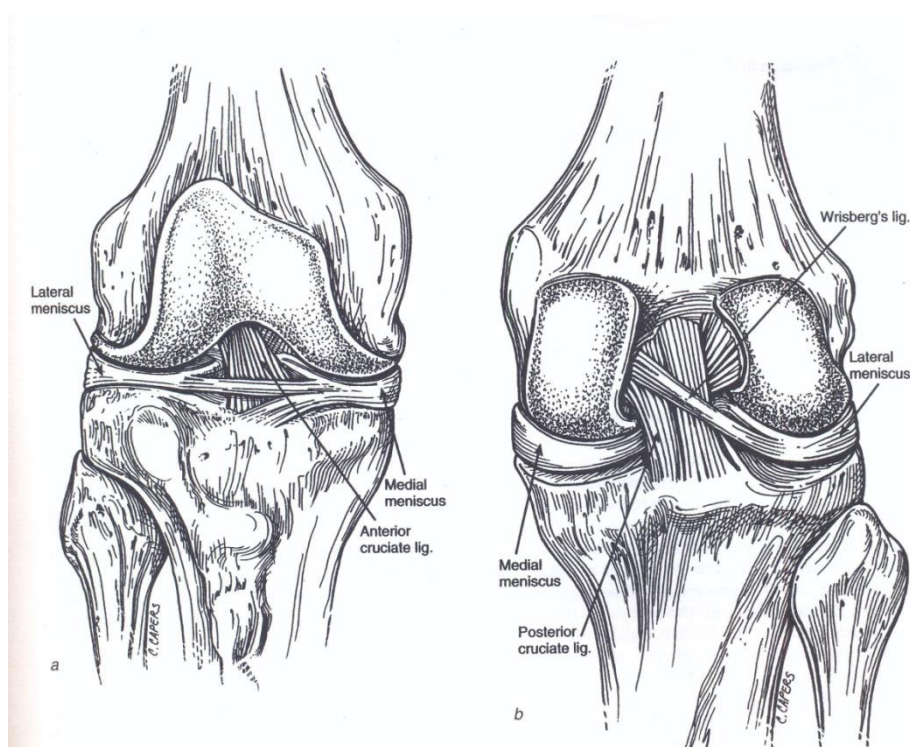
Zarad lakšeg opisa, svaki meniskus se deli na prednji rog, telo i zadnji rog. Prednji rogovi oba meniskusa međusobno su spojeni poprečnom intermeniskalnom vezom. Unutrašnji meniskus je celom svojom spoljašnjom, obodnom površinom srastao sa zglobnom čaurom, što mu daje znatno manju mobilnost u odnosu spoljašnji meniskus koji je perforiran prolaskom tetive zatkolenog mišića u posterolateralnom delu. Zadnji rog spoljašnjeg meniskusa spojen je sa zadnjom ukrštenom vezom i unutrašnjim zglobnim ispupčenjem butne kosti putem prednjih i zadnjih meniskofemoralnih veza (Wrisberg i Humphry) (52). Oba meniskusa pri fleksiji prate butnu kost put nazad pri čemu spoljašni meniskus pređe duplo veću razdaljinu u odnosu na unutrašnji (11 mm naprema 5 mm) što je utvrđeno MRI pregledima. Veća pokretljivost spoljašnjeg meniskusa praćena je i odgovarajućom adherencijom meniskotibijalne veze u odnosu na znatno čvršću vezu unutrašnjeg meniskusa koji je samim tim znatno podložniji povredama, naročito njegov zadnji rog. Mnogobrojne uloge su pripisivane meniskusima od prenosa opterećenja, amortizera iznenadnog opterećenja, reduktora stresa okolnog koštanog tkiva, stabilizatora zgloba kroz ograničenje krajnjih pokreta fleksije i ekstenzije, kao i zglobnih lubrikanata koji obezbeđuju hranljive materije zglobnoj hrskavici (53). Pored toga, meniskusi svojim oblikom poboljšavaju kongruentnost zglobnih površina čineći zaravnati tibijalni plato donekle udubljenim za zglobna ispupčenja butne kosti ispupčenja (48).



Slika br.7. Meniskusi kolena
(preuzeto iz knjige „Anatomy of the knee“Vaupel GL, Dye SF)

Interkondilarni region

Interkondilarni region se sastoji od međuzglobnog uzvišenja (*eminentia intercondylaris*), oba ukrštena ligamenata kao i pripoja prednjeg i zadnjeg roga meniskusa. Ova regija, smeštena u sredinu aksijalne rotacije kolena naziva se i tačka centralnog stožera (pivota)(20). *Eminentia intercondylaris* upravo zbog te uloge centralnog pivota je odgovorna za navođenje i stabilizaciju butne kosti kroz ceo obim pokreta fleksije. Ovo se postiže na dva načina: prvo, prednji i zadnji rogovi meniskusa su usidreni u tibijalni plato i služe kao uzde za kontrolisanje rotacije i translacije femura, i drugo, interkondilarna artikularna površina femura je u kontaktu sa tibijalnom eminencijom, prenoseći tako težinu i pritisak na meniskuse i tibijalni plato. Pored toga, *eminentia intercondylaris*, kao što šine navode voz, navodi butnu kost kroz pokret što je naročito bitno u srednjem opsegu pokreta, kada postoji značajno aksijalno opterećenje a periferni ligamenti su relativno relaksirani.



Slika br 8. Interkondilarna regija kolena
(preuzeto iz Dye SF. An evolutionary perspective of the knee. J Bone Joint Surg Am. 1987 Sep;69(7):976-83)

Zadnja ukrštena veza

Zadnja ukrštena veza (*lig. cruciatum posterius*) pruža se sa zadnjeg međukondilarnog polja golenjače (*area intercondylaris posterior*) put napred, unutra i prema gore, tako da se gornjim krajem pripaja na prednjem delu spoljašnje strane unutrašnjeg zglobnog ispupčenja butne kosti. Zadnja ukrštena veza kolena je slične dužine prednjeg ukrštenog ligamenta i iznosi u proseku 38 mm, dok je debljina veća za oko 2 mm u odnosu na prednju ukrštenu vezu i prosečno iznosi oko 13 mm. Njegova veličina je srazmerno proporcionalna visini i težini osobe, kao i veličini zglobnih ispupčenja butne kosti i golenjače. Po rezultatima istraživanja mnogih autora, zadnja ukrštena veza je ta koja daje primarni ligamentarni doprinos centralnom stožeru(54)(49)(55)(20). Činjenica koja potkrepljuje ovo mišljenje je podatak da je zadnja ukrštena veza ipak i deblja i jača u odnosu na prednji ligament, a i osa njenog pružanja približno se poklapa sa osom rotacije kolenog zgloba(56).

Zadnja ukrštena veza je, u odnosu mesta pripoja na femuru, podeljen u dva snopa: zadnjeunutrašnji i prednjepoljašnji. Pri ekstenziji su zategnuta samo vlakna zadnjeunutrašnjeg snopa, a tokom fleksije se progresivno, sa povećanjem ugla, zatežu vlakna prednjepoljašnjeg snopa. U krajnjem položaju fleksije oba snopa su podjednako zategnuta pri čemu je ligament skoro vertikalno orijentisan, dok je u ekstenziji postavljen horizontalno. Njegov golenjačni pripoj je, samo malo ispred u odnosu na zadnjideo tibijalnog kondila i pruža se 1-2 cm u pravcu zglobne pukotine. Butni pripoj, koji se pruža put napred, nalazi se neposredno iza zglobne površine interkondilarnog dela medijalnog femoralnog kondila. Golenjačna osnova pripoja je skoro četvorougona, za razliku od butnog koji više ima ovalni ili pravougaoni oblik jer se ligament donekle širi u tom pravcu. Dva meniskofemoralna ligamenta su najčešće povezana sa zadnjom ukrštenom vezom: Humpryev ligament, sa prednje, i Wrisbergov ligament, sa zadnje strane. Oni su različite veličine a nekad mogu potpuno da nedostaju. Jedan meniskofemoralni ligament je obično prisutan, retko oba, a najređe se sreće da su oba ligamenta prisutna u oba zgloba kolena iste osobe.

Nije jednostavno objasniti ulogu prednjeg ni zadnjeg ukrštenog ligamenta jer su oni samo deo sistema koji omogućava nesmetan, fiziološki pokret u zglobu kolena, pa stoga ove dve tvorevine moraju biti razmatrane kao kontinuum kolagenskih vlakana koje sinhrono funkcionišu tokom savijanja kolena.

Prednja ukrštena veza

Kao i zadnja ukrštena veza i prednja je unutarzglobna ali ekstrasinovijalna zglobna struktura. Obično je prekrivena sinovijalnom opnom koja je štiti od sinovijalne tečnosti. Prednja ukrštena veza je, kao i zadnja, podeljena u snopove ali ne u odnosu na svoj butni, već u odnosu na golenjačni pripoj(26). Prednja ukrštena veza se svojim gornjim krajem pripaja na zadnjem delu unutrašnje strane spoljašnjeg zglobnog ispupčenja butne kosti, a donjim krajem na prednjem međukondilarnom polju golenjače (*area intercondylaris anterior*), tako da mu je pravac pružanja od gore, ka napred, nadole i ka unutra. Ima oblik vrpce prosečne dužine 32 mm (od 22 do 41 mm), dok se prečnik, u zavisnosti od visine na kom se načini presek, kreće u rasponu od 7 do 12 mm, sa prosečnom širinom od 11 mm. Površina i oblik poprečnog preseka prednje ukrštene veze kolena menjaju se od gornjeg ka donjem pripoju. Oblik poprečnog preseka prednje ukrštene veze nije ovalnog, eliptičnog, niti nekog drugog osnovnog geometrijskog oblika, nego je nepravilan i promenljiv celom svojom dužinom. Na gornjem pripoju površina poprečnog preseka je 34 mm². U gornjem delu samog ligamenta poprečni presek ima površinu od oko 33 mm², u srednjem 35 mm², dok je u blizini donjeg pripoja površina poprečnog preseka 42 mm² **srđan**.

Prednja ukrštena veza nije jedinstvena traka već je podeljena na dva snopa: prednjeunutrašnji (anteromedijalni-AM) i zadnjepoljašnji (posterolateralni - PL) snop, što ima velikog značaja u funkcionalnoj i patološkoj anatomiji. Prednjeunutrašnja vlakna polaze od pripoja na butnoj kosti i završavaju se na prednjeunutrašnjem delu donjeg pripoja prednjeg ukrštenog ligamenta. Dominantnija, zadnjepoljašnja vlakna pripajaju se na zadnjepoljašnjem delu golenjačnog pripoja. Prema istraživanju Norwooda i sar.

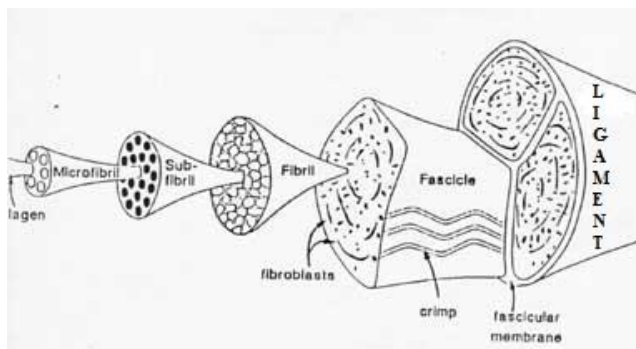
iz sedamdesetih godina prošlog veka, a što je potvrdio Amis sa sar. u svom radu, postoji i nestalan, treći, tzv. srednji ili intermedijerni, snop koji nije uvek prisutan. Na koštanim pripojima vlakna intermedijalnog snopa se nalaze između pripoja prednjeunutrašnjih i zadnjepoljašnjih snopova (57)(58).

Kod velikog broja ligamenata teško je na prvi pogled uočiti jasno definisane snopove ali se prednji i zadnji snop mogu razlikovati po svojoj funkciji tokom savijanja kolena. Tako su u krajnjem položaju ekstenzije oba snopa prednje ukrštene veze zategnuta. Prednji snop je u kontaktu sa međukondilarnim delom femura; kako se fleksija kolena nastavlja tako popušta tenzija vlakana zadnjeg snopa, a prednjounutrašnja vlakna se uvrću oko njih. Prednji snop ostaje zategnut tokom pokreta fleksije i trpi najmanje promene svoje dužine, tj. ostaje skoro izometričan, tako da prednja ivica prednje ukrštene veze predstavlja njenu rotatornu osu tokom pokreta u zglobu kolena. Prednji ukršteni ligament je glavna kočnica prednje tibijalne translacije i sekundarna linija odbrane na sile velikog intenziteta koje deluju u pravcu nastanka varus i valgus deformiteta(59).

Hištološka građa ukrštenih ligamenata oslikava njihovu funkciju. U prvom redu to podrazumeva obezbeđivanje stabilnosti zgloba kolena, ali i apsorpciju sila kojima je ovaj zglob kontinuirano izložen. Svi ligamenti, pa tako i ukršteni, poput tetiva mišića imaju građu koja nastaje usled sila koje deluju na njih. Tetive i ligamenti imaju sposobnost adaptacije svoje morfologije usled promena u njihovom mehaničkom okruženju koje mogu nastati nakon povrede, bolesti ili treninga. Međucelijski matriks ukrštenih ligamenata sličan je kao i kod drugih ligamenata, i čine ga paralelni snopovi kolagenih vlakana, razdvojeni tankim retikularnim vlaknima. Vlakna kolagena su postavljena paralelno, u smeru delovanja sila i čine 70-80% suve materije tkiva. U ligamentima su, naravno, prisutna i elastična vlakna, ali u znatno manjem broju i sačinjavaju do 5% suve mase tkiva. Ligamenti spadaju u grupu hipocelularnih tkiva, a ćelije koje se mogu naći u strukturi ligamenata imaju karakteristike fibroblasta. One su utisnute između kolagenih vlakana tako da su izdužene, dok su na poprečnom preseku zvezdolikog oblika. Sadržaj vode u ligamentima je 60-70%, a osim kolagenih i elastičnih vlakana, vode i fibroblasta, u ligamentima se nalazi

i proteoglikanski matriks. Molekularna strukturalna organizacija ligamenata je u službi boljeg prenosa i amortizacije sila istezanja kojima su tokom kretanja izloženi. Velika otpornost na sile izvlačenja i rastezanja koju pokazuju ligamenati i tetive zasniva se prvenstveno na specifičnim osobinama kolagenih vlakana kao i na njihovom jedinstvenom rasporedu u prostoru koji je prilagođen mehaničkom opterećenju. Molekule kolagena čine tri polipeptidna lanca koji su međusobno uvrnuta i tako formiraju oblik heliksa koji se sintetiše u ćelijama a izbacuje se u međućelijski prostor u obliku prokolagena koji je solubiln. Molekuli prokolagena su polučvrsti elementi sa srednjom dužinom od 280-300 nm koji se u vanćelijskom prostoru razdvajaju stvarajući konačan oblik kolagena (trokolagen). Tako nastali molekuli kolagena (1-2 nm) se udružuju stvarajući u prvi mah mikrofibrile (3-4 nm), a potom dodatnim spajanjem subfibrile (10-20 nm). Veći broj subfibrila formira fibrile (50-500 nm). Elektronskom mikroskopijom je utvrđeno da je prednja ukrštena veza sastavljena od dve vrste kolagenih fibrila. Predominantni su fibrili širokog dijametra, dok se u manjem broju mogu naći fibrili malog promera. Potrebno je naglasiti da ovaj njihov odnos bitno utiče na biomehanička svojstva ligamenta (60). Utvrđeno je da postoji razlika u građi prednje ukrštene i unutrašnje bočne veze, a ogleda se u prisustvu fibrila različitog dijametra, što verovatno ima dodatnog uticaja pored i ostalih lokalnih faktora na regenerativne, odnosno reparativne, procese koji se odvijaju nakon njihovog oštećenja (27). U međućelijskoj materiji se između kolagenih vlakana u manjoj količini nalazi i proteoglikan sastavljen od mukopolisaharida hondroitin-sulfata i proteina a čini samo oko 1% suve materije ligamenta. Međutim, iako se nalazi u ovako malim količinama deluje da ima značajnu ulogu u specifičnoj interakciji fibrila kolagena. Mehanizam kojim to čini još nije u potpunosti utvrđen, ali se zna da ima vrlo važnu ulogu u regulisanju fibrilogeneze pa na taj način utiče na konačnu debljinu kolagenih fibrila. Proteoglikani ligamenata su najvećim delom u obliku visokomolekularnih aglomerata formiranih nekovalentnim vezama proteoglikanskih podjedinica sa hijaluronskom kiselinom i vezujućim proteinom. Uloga tog vezujućeg proteina je da stabilizuje i ojača vezu proteoglikanskih podjedinica i hijaluronske kiseline. Tako formirani fibrili su

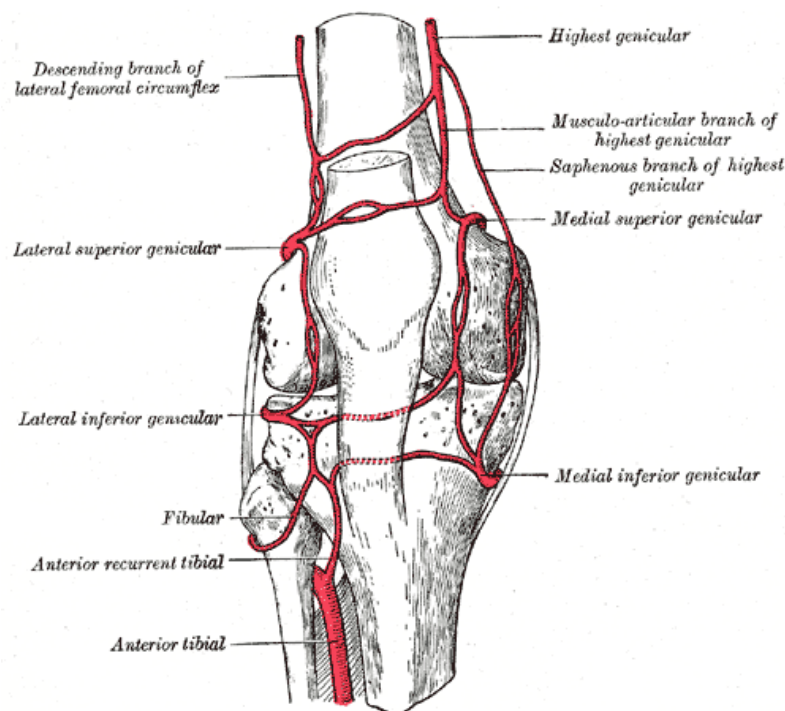
uronjeni zajedno sa fibroblastima u proteglukanski matriks izgrađujući snopove, a više povezanih snopova izgrađuje ligament (61). (Slika br.9)



Slika br. 9. Hištolška građa ligamenta (preuzeto sa <http://www.engin.umich.edu/class/bme456/ligten/ligten.htm>)

Vaskularizacija zgloba kolena

Zatkolena arterija (*arteria poplitea*) je glavni krvni sud koji zglob kolena snadbeva arterijskom krvlju. Njeno povređivanje je česta udružena povreda pri luksacijama kolena i prelomima kostiju donjeg ekstremiteta. Povreda obično nastaje usled istezanja upolje od čvrstih pripoja, proksimalno od zjapa privodioca buta (*hiatus adductorius*), distalno ispod širokog mišića lista ili usled direktnog oštećenja strukture zida arterije koštanim ulomcima. Bočne grane: gornja spoljašnja arterija kolena (*a. superior lateralis genus*), gornja unutrašnja arterija kolena (*a. superior medialis genus*), srednja arterija kolena (*a. genus media*), donja spoljašnja arterija kolena (*a. inferior lateralis genus*) i donja unutrašnja arterija kolena (*a. inferior medialis genus*) učestvuju u arterijskom snadbevanju samog zgloba.



Slika br. 10. Vaskularizacija predela zgloba kolena (preuzeto sa <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0d/Gray552.png>)

Nakon odvajanja od zatkolene arterije, srednja arterija kolena probija zglobnu čauru sa zadnje strane i ulazi u područje interkondilarne jame. Tu se grana dajući mnogobrojne ogranke za obe ukrštene veze i meniskuse (30)(62)(63).

Bitno je naglasiti da srednja arterija ne ulazi u sastav velike vaskularne mreže zgloba kolena. Svojim završnim granama ova arterija učestvuje u vaskularizaciji ukrštenih ligamenata dajući pri tome male krvne sudove koji obrazuju mrežu oko ligamenata od koje se potom odvajaju kapilari koji pod pravim uglom ulaze u ligamente, gde su uzdužno orijentisani (64). Značajan je podatak da ovi krvni sudovi dolaze do ligamenata obavijeni sinovijalnom opnom. Znatno manjim delom, kroz pripoje na butnoj kosti i golenjači, oba ukrštena ligamenta se dodatno ishranjuju preko krvnih sudova koji u njih ulaze iz kosti na mestu pripoja. Opisane su i anastomoze između ova dva arterijska sistema (65)(66)(61).

Po nekim izvorima, krvni sudovi su u zoni pripoja ukrštenih veza u obliku lučnih terminalnih petlji tako da je vaskularna mreža ligamenata nezavisna od vaskularne mreže kosti (67). Neophodno je istaći da je mreža krvnih sudova oko ligamenta mnogo razvijenija nego interligamentarna a najmanje su vaskularizovani središnji delovi ligamenata. Razlog ovoga nalazi se u specifičnoj građi ligamenata tj. njihovoj uvijenosti oko svoje uzdužne osovine što za posledicu ima izvestan stepen kompresije krvnih sudova u srednjem delu sa sledstveno slabijom vaskularizacijom ovog dela (68)(69).

Ovakav sistem vaskularizacije je i razlog zbog čega nije moguć proces regeneracije ukrštenih ligamenata i zašto ubrzo nakon kidanja dolazi do atrofije ostataka ligamenta (70). Ispitivanja su ukazala da je vaskularizacija pripoja ukrštenih ligamenata na butnoj kosti bolja nego kod onih na golenjači, što se naročito odnosi na prednji ukršteni ligament (68)(61)(69). Uporedna ispitivanja vaskularnog sistema prednjeg i zadnjeg ukrštenog ligamenta ukazala su da je mreža krvnih sudova prednjeg ukrštenog ligamenta manje razgranata i oskudnija u odnosu na zadnji. To se može objasniti time što je zadnji ukršteni ligament u bližem kontaktu sa sinovijalnom opnom zadnje strane zglobne čaure koja prelazi na njegova hvatišta i pokriva čitavu zadnju stranu (30)(71).

Inervacija kolenog zgloba

Motorna inervacija

Butni živac (*n. femoralis*), golenjačni živac (*n. tibialis*) i zajednički lišnjačnji živac (*n. peroneus s. fibularis communis*) obezbeđuju inervaciju samog zgloba kolena, kože, ali i mišića koji ga okružuju.

N. femoralis se na visini od 4 cm ispod preponske veze (*lig. inguinale*) deli na prednju i zadnju. Prednja grana daje dve senzitivne grane za kožu: unutrašnji kožni živac buta (*n. cutaneus femoris medialis*) srednji kožni živac buta (*n. cutaneus femoris intermedius*), kao i dve motorne grane: za terzijski mišić (*m. sartorius*) i češljasti mišić (*m. pectineus*). Zadnja grana daje jednu senzitivnu kožnu granu: unutrašnji kožni živac noge (*n. saphenus*), kao i mišićne grane za četvoroglavi mišić buta (*m. quadriceps femoris*).

N. tibialis se izdvaja u visini donje trećine zadnje strane natkolenice, prolazi kroz zatkolenu jamu i ulazi u zadnju ložu potkolenice ispod širokom mišića lista. Inerviše mišiće zadnje lože potkolenice: *m. gastrocnemius*, *m. soleus*, *m. popliteus*, ali i *m. semimebranosus*, *m. semitendinosus* i *caput longum m. bicipitis femoris*.

N. peroneus communis ulazi u zatkolenu jamu lateralno od golenjačnog živca i prati unutrašnju ivicu dvoglavog mišića buta. Napušta zatkolenu jamu površno prelazeći preko spoljašnje glave dvotrbušastog mišića lista i glave lišnjače, potom ukršta vrat lišnjače (*collum fibulae*) pre nego što uđe u telo dugog lišnjačnog mišića (*m. peroneus longus*). U predelu zatkolene jame izdvaja se grana za inervaciju kratke glave dvoglavog mišića buta (*caput breve m. bicipitis femoris*). Ovaj živac je izuzetno podložan povredama zbog svog površnog položaja u predelu lišnjače.

Senzitivna inervacija

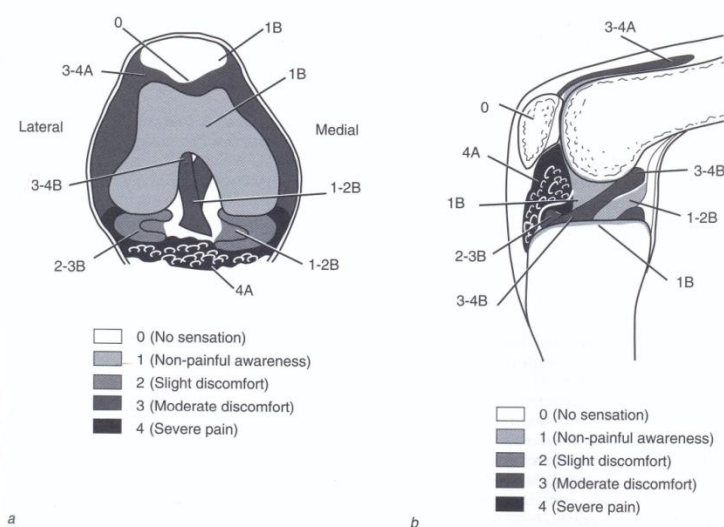
N. femoralis inerviše gornjeunutrašnjii kvadrant kolena. Medijalna femoralna kutanealna grana spušta se duž unutrašnjeg stegenog mišića, a zatim ide upolje preko polovine i iznad nivoa zglobne pukotine.

N. saphenus daje senzitivnu inervaciju za unutrašnju stranu noge, dok je lateralna strana kolena inervisana od strane spoljašnjeg kožnog živca buta (*n. cutaneus femoris lateralis*) u proksimalnom delu, a od spoljašnjeg kožnog živca lista (*n. cutaneus surae lateralis*) u distalnom.

Sam zglob kolena dobija senzitivnu inervaciju od strane završnih grana zapornog živca (*n. obturatoriusa*), ali i od golenjačnog (*n. tibialis*), lišnjačnog (*n. peronealis*) i unutrašnjeg kožnog živca noge (*n. saphenus*).

Funkcionalna inervacija unutar zgloba kolena

Veliki broj rezultata koji je prikupljen tokom mnogobrojnih istraživanja, ukazuje na to da različite senzitivne strukture šalju impulse iz zgloba kolena do kičmene moždine ali i viših nivoa centralnog nervnog sistema, poput malog mozga. Prisustvo neurosenzitivnih struktura unutar samog zgloba potvrđeno je histološkim ispitivanjima (72)(73)(74)(75)(76)(77)(78)(79)(80)(81)(82)(83)(84), nalazima evociranih potencijala (85), kao i propioceptivnim istraživanjima zgloba kolena (86)(87)(88)(89)(90)(91). Proprioceptivna ispitivanja su prvobitno bila osmišljena sa ciljem da iznesu na videlo saznanja o sposobnosti svesne detekcije minimalnih pokreta unutar zgloba; dobijali su se sumiranjem informacija iz senzitivnih receptora celog zgloba ali i ekstremiteta u celini. Jedno od najpoznatijih istraživanja u oblasti mapiranja senzitivne percepcije različitih struktura unutar samog zgloba je ono koje su objavili Dye SF i Vaupel GL. Oni su došli na ideju da bi najefikasniji način za mapiranje i povezivanje draži i njihove percepcije određenim delovima zgloba bilo njihovo sopstveno izlaganje različitim dražima tokom artroskopije bez anestezije (92). Tim ispitivanjem su dobili rezultate shematski prikazane na sledećoj slici.



Slika br. 11. Modaliteti sezibiliteta različitih struktura unutar zgloba kolena (preuzeto iz: Dye SF, Vaupel GL, Dye CC. Conscious neurosensory mapping of the internal structures of the human knee without intraarticular anesthesia. Am J Sports Med. 1998 Nov-Dec;26(6):773-7.)

Ovom studijom sprovedenom bez interartikularne anestezije dobijeni su direktni dokazi o svesnoj percepciji neurosenzitivnih unutrašnjih struktura. Unutrašnje sinovijalno tkivo, masni jastučići i zglobna čaura pokazali su se kao izuzetno osetljivi na mehaničke stimulse koji nisu izazvali slične efekte pri testiranju ukrštenih ligamenata i meniskusa. Ovim rezultatima se može objasniti i dosta nespecifična i neprecizna lokalizacija bola koju pacijenti imaju nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta. Rezultati ove studije ukazuju da su bolni sinovitis i nadražaj zglobne čaure, do kojeg često dolazi pri povredi ligamenata, često korisniji u subjektivnoj lokalizaciji povrede nego impulsi koje odaje sam povređeni meniskus.

U velikom broju studija dobijeni su brojni dokazi koji ukazuju na to da odsustvo osećaja unutar zgloba može usled različitih oboljenja i stanja (93)(94)(95)(96)(97), dovesti do razaranja zglobnih struktura kakva se vide kod pacijenata sa Charcot oboljenjem ili onih koji su rođeni sa neosetljivošću na bol (98)(99). Može se, dakle, zaključiti da je očuvani senzibilitet od izuzetne važnosti za normalno funkcionisanje kolena tokom niza decenija kao i za očuvanje normalne tkivne homeostaze.

Hilton je u svom radu ukazao na to da sam zglob inerviše zglobne grane neurona zaduženih za inervaciju mišića koji okružuju zglob (100). Veliki uvid u inervaciju zgloba kolena postignut je radovima Jeletsky-a i Gardena (101)(75) a Kenedy i saradnici su u svojim radovima sumirali sva trenutna saznanja o inervaciji ljudskog kolena koji su opisali dve vrste intrartikularnih nerava(55). Prva, smeštena sa zadnje strane kolena, sastoji se od prominentnog živca, grane golenjačnog živca i manje uočljive završne grane zapornog živca. Drugu, tj. prednju grupu čine zglobne grane butnog, lišnjačnog i unutrašnjeg kožnog živca noge.

Dosadašnji nalazi višebrojnih ispitivanja ukazuju da najveći deo inervacije unutrašnjosti zgloba kolena preuzima najprominentniji od svih nerava, grana golenjačnog živca koja nastaje u zatkolenoj jami i sa zadnje strane probija zglobnu kapsulu i ulazi u unutrašnjost zgloba, inervišeći zadnji deo kapsule i ukrštene ligamente (55).

1.3. PROPRIOCEPCIJA

Šerington je 1906.god dao prvu definiciju propioceptivnog sistema, koji se po njegovo definiciji, sastoji od aferentne informacije iz propioceptora smeštenih u propioceptorskim poljimakoja doprinose svesnoj percepciji („mišićni osećaj“), sveobuhvatnoj posturi (posturalni balans) i segmentnoj posturi (stabilnost zgloba). Termin propioceptori odnosio se na one receptore smeštene u zglobovima, mišićima, i tetivama „adaptiranim za ekscitiranost u skladu sa promenama u celom organizmu“ (102).

Prema Mathewsu, Sherrington je u Schafer-ovoj *Textbook of Physiology* detaljno opisao četiri submodaliteta mišićnog senzibiliteta: 1) posturu, 2) pasivnu pokretljivost, 3) aktivnu pokretljivost, 4) otpor pri pokretima. Te definicije su u potpunosti u skladu sa savremenim shvatanjima koje definišu svesnost o položaju zgloba (segmentna postura), kinestezija (pasivna i aktivna) i sposobnost pružanja otpora tj. regulisanja opterećenja(103). Šeringtonovo uvođenje novog, do tada neformulisanog, termina propiocepcija i nečitkost njegovog rukopisa, prouzrokovale su da su se tokom vremena pojavila različita objašnjenja njegovih definicija, na osnovu čega su se formirala dva tabora naučnika koji su se bavili ovom problematikom, a razlikovali su se u poimanju da li je i CNS deo propioceptivnog sistema.

Savremena tumačenja definišu da je propiocepcija svesna percepcija senzacija primljenih od strane aferentnih neurona povezanih sa aktivnošću zglobova, njihovim položajem i tonusom mišića koji ih okružuju, a zatim obrađenih u najvišim centrima CNS-a. Samim tim propiocepcija se ne odnosi na post-procesuiranje senzornog impulsa, kao ni reakciju tela, u vidu mišićne aktivnosti, nastalu kao odgovor na primljene impulse. Pri tome treba imati u vidu da je propioceptivna informacija od ključnog značaja za optimalnu i efikasnu mišićnu aktivnost(104)(105).

Podaci o ovome se dobijaju iz perifernih mehanoreceptora lociranih u zglobovima, mišićima i koži. Proprioceptivne draži nastaju simultanom aktivnošću brojnih aferentnih receptora koji konvertuju mehanički stimulus u

nervni impuls koji se prenose aferentnim putevima do nekoliko nivoa u centralnom nervnom sistemu (CNS). Zadatak CNS je da integriše sve te aferentne impulse i uspostavi kontrolu voljnih mišićnih kontrakcija, neophodnih za kompleksnu mišićnu aktivnost ali i druge oblike mišićne aktivnosti neophodne za stabilnost zglobova. Kao jedna od posledica povrede mekih tkiva u okolini zgloba dolazi i do prekida funkcije mehanoreceptora čime se smanjuje broj aferentnih impulsa od zgloba do CNS-a. Ovim se narušava fiziološka neuromuskularna kontrola sa posledičnom zglobnom nestabilnošću, izmenjenom šemom kretanja, koja dovodi do nastanka novih povreda i progresivne degradacije zgloba. Naponi da se postigne bolja stabilnost zgloba kod narušene intaktnosti ligamentarnih struktura kod pacijenata koji imaju potrebu za očuvanjem visokog nivoa fizičke aktivnosti kao pre povrede, nisu mogli biti ostvareni ni uz pomoć intenzivnih procedura rehabilitacionog procesa.

Senzomotorni sistem podrazumeva postojanje neurona koji primaju draž i pretvaraju je u nervni impuls, koji aferentnim putevima stiže do različitih centara u CNS-u, gde se zatim obrađuje i integriše, dovodeći do odgovora na primljenu draž u vidu sledstvene mišićne kontrakcije i očuvanja stabilnosti zgloba.

Periferni aferenti kolena

Već vekovima naučnici pokušavaju da usaglase stav o ulozi i značaju receptora kolenog zgloba u motornoj kontroli, stabilnosti zgloba, kao i spoznaji o pokretima i položaju tog segmenta. Nedavno je ustanovljeno da se refleksi nastali aktivacijom receptora mogu prenositi i drugim putevima a ne samo onima koji uključuju α -motorne neurone. Tako je veliku pažnju privuklo otkriće da se impulsi iz receptora do mišićnih vretena prenose putem γ - motornih neurona jer je poznato da se potentan odgovor γ - motornih neurona izaziva na nižem pragu nadražaja. Naravno, primarni receptori i njihovi putevi prenosa impulsa imaju dominantnu ulogu u snabdevanju CNS-a informacijama ali značajan izvor podataka o položaju kolena svakako daju i Ruffinijeva i Pačinijeva telašca, Goldžijevi tetivni organoliki završeci, slobodni nervni završeci.

Ruffinijeva telašca

Ruffinijevi nervni završeci se nalaze u nekoliko struktura unutar kolena. Pre svega, nalaze se u kapsuli gde su najbrojniji u površnim slojevima (106)(107)(108)(109)(110)(111)(112)(113). Mogu se takođe naći i u ukrštenim, meniskofemoralnim i pobočnimvezama kolena, kao i u menkusima a opisano je nekoliko morfoloških varijacija u različitim vrstama i tkivima (114)(115)(108)(116)(55)(81)(82)(117)(118)(83)(84)(119). Uobičajeno se sastoje od klastera sastavljenog od dva do šest tankih inkapsuliranih globularnih korpuskula, sa samo jednim mijelinskim axonom čiji promer varira između 5-9 μ m(108)(120). Kapsula je ponekad kompletna, ali se češće nalazi nekompletna varijacija, s tim da uvek formira kapsularne septe između individualnih cilindara nervnih završetaka. Veličina ovih receptora nije uvek ista i zavisi od vrste tkiva u kojima se nalazi.

Ruffinijeva telašca imaju nizak prag nadražaja na mehanički stres i sporo se adaptiraju. Pored toga, prenose i informaciju o statičkom položaju zgloba u prostoru, intrartikularnom pritisku kao i amplitudi i brzini rotacije unutar zgloba. Treba napomenuti i da su receptori koji su tonički aktivni u srednjem opsegu obima pokreta zgloba, a koji vuku poreklo od Ruffinijevih telašaca, pronađeni u nekoliko zglobova, između ostalih i kolenu. Pretpostavlja se da ovi receptori „sredine obima pokreta“ šalju informaciju o stepenu pokreta i međusobnom odnosu delova tela koji vrše pokret.

Pačinijeva telašca

Pačinijeva telašca se nalaze u dubljim slojevima kapsule, ukrštenim, meniskofemoralnim i kolateralnim ligamentima, intra i ekstaartikularnim masnim jastučićima kolenog zgloba i medijalnom meniskusu. Kao i kod Ruffinijevih telašaca i ovde je opisano nekoliko morfoloških varijacija. Pačinijeva telašca koja se nalaze unutar zgloba su inkapsulirana, konična i nešto manja u odnosu na one nađene u vanzglobnim tkivima (20-40 μ m širine i 150-250 μ m dužine). Njihov akson ima dijametar od 8-12 μ m.

Pačinijeva telašca imaju nizak prag nadražaja na mehanički stres ali za razliku od Ruffinijevih završetaka, brzo se adaptiraju. Pored toga, ona ostaju „nema“ tokom statičkih aktivnosti i kada se vrši rotacija konstantnom brzinom ali su veoma osetljiva na akceleraciju i deceleraciju brzine pokreta. Uvreženo je mišljenje da se oni ponašaju kao tipični dinamički mehanoreceptori(115)(121)(108)(120)(112)(113)(83)(84)(119).

Goldžijevi tetivni organoliki završetci

Goldžijevi tetivni organoliki završeci su identifikovani u ukrštenim i pobočnim vezama i meniskusima. Zajedno sa Ruffinijevim završetcima pripadaju grupi tzv. „*spray endings*“ koji su manje više kontinuitet morfoloških istih receptora (122). Najveći intrartikularni receptori su inkapsulirani, fusiformni korpuskuli, čiji akson ima dijametar od 13-17 μ m.

Goldžijevi tetivni organoliki završeci su sporoadaptirajući, imaju visok prag nadražaja za mehaničke stimuluse i potpuno su inaktivni u zglobu koji se ne pokreće (115). Pretpostavlja se da zbog njihovog visokog praga nadražaja, oni reaguju na ekstremni položaju u odnosu na fiziološki obim pokreta(113)(83).

Slobodni nervni završetci

Slobodni nervni završeci su široko rasprostranjeni u većini zglobnih struktura. Mogu se naći u zglobnoj kapsuli, gde se rasprostiru u svim pravcima, ukrštenim ligamentima, i meniskusima gde su i najbrojniji. Građeni su od senzornog aksona dijametra 0,5-5 μ m koji može biti bez mijeliskog omotača, zatim perineurijuma i korpuskula. Prema ispitivanjima ultrastrukture slobodnih nervnih završetaka Heppelmann-a i saradnika (123) postoje dva različita tipa ovih receptora u intrartikularnim strukturama. Ove dve vrste koreliraju sa grupom II i grupom IV aferenata a međusobno se razlikuju u bar četiri parametra: 1) dužini njihovih distalnih grana, 2) po broju lokacija recepcije na 100 μ m dužine aksona, 3) u prosečnoj debljini aksona i 4) strukturi građe ćelije.

Veći broj slobodnih nervnih završetaka ostaje nem tokom fizioloških stanja ali postaju aktivni kada su zglobna tkiva izložena deformišućim mehaničkim silama ili hemijskim jedinjenjima (124)(125)(126)(127). Među slobodnim nervnim završecima nalazi se značajan broj hemijskosenzitivnih jedinica. One se aktiviraju u prisustvu različitih jona i inflamatornih medijatora kao što su serotonin, histamin, bradikinin i prostaglandin (128)(129)(130)(131)(132)(133). Takođe je dokazano da eksperimentalno izazvana upala za posledicu ima povećanje njihove aktivnosti i smanjenje praga nadražaja na mehaničke stimuluse kao i na pokrete unutar zgloba. (128)(134)(135)(126)(131)(136)

Na mikroskopskom nivou potvrđeno je prisustvo artikularnih mehanoreceptora u studijama sprovedenim i na životinjama i na ljudima. Neuroanatomska istraživanja koja je sproveo Kennedy sa saradnicima su ukazala na varijabilnost u inervaciji ljudskog kolena i pronašli su mehanoreceptore u mnogobrojnim delovima prednjeg ukrštenog ligamenta koji imaju tibijalno poreklo, kao i u njihovom sinovijalnom pokrivaču (55). Schultz i saradnici (81) su 1984. godine objavili rezultate svog istraživanja u kojima su predstavili dokaz o prisustvu mehanoreceptora u humanom prednjem ukrštenom ligamentu ukazujući da je populacija receptora bila veća i brojnija u ligamentima mlađih pacijenata koji su bili bez znakova degenerativnih promena. Do sličnih rezultata su kasnije došli u svojim istraživanjima i Skinner sa saradnicima (137) kao i Kaplan sa svojim saradnicima (138) koji je dodatno ukazao da je gubitak sposobnosti propriocepcije proces koji se fiziološki odvija sa starenjem.

Schutte i saradnici su izvršili dalja ispitivanja prednjeg ukrštenog ligamenta kod čoveka. Radili su istraživanje o gustini raspodele različitih tipova senzornih receptora i došli do rezultata koji ukazuju da su receptori najgušće raspoređeni u blizini pripoja ligamenata kao i da receptorske strukture čine 1% površine prednjeg ukrštenog ligamenta (82).

Slične rezultate su kasnije objavili i Yahia i Newman (139) kao i Zimni i Wink (83)(140). I u njihovim rezultatima je najveća gustina bila u predelu pripoja ligamenata na femuru i tibiji .

Savremene studije, koje su podrazumevale upotrebu imunohistoloških metoda, su takođe potvrdile ove nalaze. Haus i saradnici su u svom istraživanju potvrdili prostornu raspodelu senzitivnih receptora (141) dok su Rivard i saradnici dokazali u različitim strukturama kolena i prisustvo substance P i proteina neurofilamenata specifičnih za određene receptore.

Dosta istraživanja je sprovedeno i na temu šta se dešava sa receptorima nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta. Denti i saradnici su tako vršenjem biopsija došli do rezultata da su receptori i dalje prisutni u ligamentima nakon nekoliko nedelja od povrede ali da im se broj znatno smanjuje i da oni preostali značajno atrofiraju 6 meseci nakon nastanka rupture(73). Nasprot ovih nalaza, objavljeni su rezultati studije sprovedene od strane Tsujimoto-a i saradnika koja je izvršena na kozama, a Goertzeni saradnici su u ispitivanjima na psima, došli do sličnih rezultata koji ukazuju na to da se mehanoreceptori javljaju tek nakon 6 meseci posle rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta(142).

Neke novije studije su dodatno pojasnile neurološku vezu između prednjeg ukrštenog ligamenta i centralnog nervnog sistema. Madey i saradnici su koristili dinamičku histološku tehniku da bi utvrdili vezu između ligamenta i gangliona dorzalnog korena. Ubrizgavanjem peroksida mogli su da utvrde prisustvo Ruffinijevih i Pačinijevih receptora u posteriornoj kapsuli i Goldžijevim tetivnim organima u prednjem ukrštenom ligamentu (143).

Pitman i sar. su koristeći sematosenzorne evocirane potencijale pokazali prisustvo direktne veze između prednjeg ukrštenog ligamenta i cerebralnog korteksa na taj način što su tokom rutinske artroskopije električnim impulsima dražili vlakna ligamenta i pri tome bili u stanju da zabeleže kortikalni odgovor (144).

Klinička merenja propriocepcije

Propriocepcija se klinički meri na najmanje dva opšteprihvaćena načina: prvi je sposobnost detekcije tj. prag detekcije minimalne promene položaja kroz pasivnu pokretljivost (*threshold to detetion of passive motion* – TTDPM), a drugi je sposobnost aktivnog reprodukovanja pasivno zadatog položaja zgloba (*joint position sence* – JPS).

Nekoliko različitih uređaja je konfigurisano da bi detektovali ove promene u različitim ispitivanim populacijama, uključujući i zdrave pojedince, gerijatrijsku populaciju sa izraženim degenerativnim promenama na zglobovima, pacijente sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom ali i one sa rekonstruisanim. Osobe kod kojih se ispituje propriocepcija udobno se pozicioniraju a iz njihove okoline se uklone svi mogući pokazatelji na osnovu kojih uz pomoć drugih čula mogu da detektuju pokret ili podatak o stepenu savijanja zgloba koji se ispituje. Pri ispitivanju prvom, TTDPM metodom, od ispitanika se traži da obično pritiskom na taster prijave kada oseće i najmanji pokret i promenu položaja noge putem mašine pri izuzetno niskim brzinama. Pri ispitivanju drugom tehnikom, tj. kada se ispituje sposobnost aktivnog reprodukovanja pasivno zadatog položaja zgloba, polazni položaj za koleno može biti individualno određen i kretati se od pune ekstenzije do nekog stepena fleksije, odakle se potkolenica dodatno pasivno flektira, zatim vraća u početni položaj a zatim se od ispitanika traži da sam savije nogu do položaja za koji misli da je zadat od strane ispitivača, s tim da mu je na svaki način onemogućeno da vidi čitač ugla na uglomeru ili sebe u ogledalu ili na bilo koji drugi način nasluti koliko je blizu ciljnog ugla fleksije.

Horch i saradnici su merili sposobnost propriocepcije u zglobu kolena i dobili su rezultat koji ukazuje da je prag za detekciju sporog pasivnog pokreta pomeranja potkolenice u odnosu na natkolenicu iznosi 2° - 4° pri ugaonoj brzini pomeranja od $0,5^{\circ}/s$ (145). Pri ovim uslovima dolazi do selektivne stimulacije sporo adaptirajućih Ruffini i Goldžijevih mehanoreceptora.

Starost i prisutne artrotične promene na kostima negativno utiču na sposobnost propriocepcije. Skinner i sar.(137), kao i Kaplan i sar.(138), su utvrdili da sposobnost propriocepcije merena ovim gore opisanim metodama znatno smanjuje tokom godina i ukazali su na to da je upravo ovaj fenomen osnova za nastanak ortopedskih problema u gerijatrijskoj populaciji tipa preloma kuka usled znatno češćih padova u kombinaciji sa smanjenom fleksibilnošću aktivacije mišića.

Neki drugi autori su ispitivali osobe sa degenerativnim artiritisom koji su podvrgnuti ugradnji totalne proteze kolena. Smanjene sposobnosti propriocepcije, kao sledstveni proces pri nastanku artroza, nije bio znatno promenjen nakon ugradnje proteza (146)(147). Ovaj pad sposobnosti propriocepcije dobio je svoje hištološko objašnjenje u studiji Schultz-a i saradnika, koji su uočili odsustvo mehanoreceptora u prednjem ukrštenom ligamentu dobijenim tokom ugradnje totalne proteze kolena (81). Ovaj gubitak mehanoreceptora se navodi i kao razlog narušene šeme hoda kod pacijenata sa ugrađenom protezom kuka koju je uočio Andriacchi u svojoj studiji (148).

Nasuprot ovome, ustanovljeno je da aktivno bavljenje fizičkom aktivnošću pozitivno utiče na sposobnost propriocepcije. Barrack i saradnici su ispitivali baletske igrače a Laphart i saradnici gimnastički tim na koledžima i uočili su da su obe grupe imale znatno razvijenu sposobnost propriocepcije u odnosu na populaciju koja se nije bavila nekim vidom fizičke aktivnosti(147)(149)(150). Caraffa i saradnici su prospektivno pratili grupu fudbalera tokom tri sezone i prilikom toga ustanovili da su oni igrači koji su prošli kroz dodatni proprioceptivni deo treninga, zadobijali znatno manje povreda zglobova kolena.(151)

Ko i saradnici su dobili rezultate koji ukazuju na to da ne postoji značajna statistička razlika u dobijenoj vrednosti pri merenju JPS kod osoba sa povređenim u odnosu na osobe sa nepovređenim prednjim ukrštenim ligamentom(152). Harter i saradnici u svom istraživanju u grupi sa 51 ispitanikom nisu dobili statistički značajnu razliku pri testiranju JPS povređenog i nepovređenog kolena nakon rekonstrukcije (153). Newberg je u svojoj studiji sa 31 ispitanikom, u kojoj je zdrava noga služila kao kontrola i

reper, zabeležio deficit sposobnosti propriocepcije nakon operativnog lečenja pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta (154). MacDonald i saradnici su dobili statistički značajnu razliku u vrednostima greške JPS povređene u odnosu na nepovređenu nogu, a razlika se zadržala i nakon rekonstrukcije ligamenta (155). Jerosh i Prymka su kod svojih 14 pacijenata uradili preoperativno merenje i nakon operacije ga ponovili pri čemu su dobili značajno poboljšanje sposobnosti propriocepcije nakon operativnog lečenja(156). Barrett i saradnici su merili sposobnost propriocepcije nakon rekonstrukcije autogenim graftom i dobili su da je kod takvih pacijenata sposobnost propriocepcije znatno bolja u odnosu na osobe sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom ali i dalje lošija u odnosu na zdrave ispitanike(87). Za razliku od njih, Harter i saradnici nisu dobili statistički značajnu razliku između dobijenih vrednosti merenja operisanih i neoperisanih kolena nakon u proseku 3 godine(153).

1.4. POVREDA PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTAI SPOSOBNOST PROPRIOCEPCIJE

Nekad je dosta teško proceniti, na osnovu kliničkog pregleda kolena, koji pacijent će imati ozbiljnih problema u svakodnevnom funkcionisanju a koji tek pri zahtevnim fizičkim aktivnostima (157)(146)(158)(159)(160)(161). Noyes i saradnici su 1983.godine predstavili u javnosti „pravilo trećine“ (160), teoriju koja kaže da se u praćenju osoba sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta, može uočiti: da jedna trećina povređenih može nastaviti na istom nivou svojih fizičkih aktivnosti kao i pre povrede, jedna trećina će biti zadovoljna sa nešto manje zahtevnim oblikom fizičke aktivnosti nakon perioda nošenja ortoze i lečenja fizikalnim procedurama, dok će jedna trećina i dalje nakon takvog lečenja osećati funkcionalnu nestabilnost i zapravo biti populacija kojoj se predlaže operativno lečenje rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta. I dalje je nepoznato zahvaljujući čemu ta jedna trećina osoba sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom i dalje ima sposobnost zadržavanja fizičke aktivnosti kao i pre povrede ali pretpostavlja se da nepovređeni sekundarni stabilizatori kolena daju dodatnu stabilnost zglobu kompenzujući nedostatak funkcije ligamenta (162).

Dinamička stabilnost zgloba kolena zasniva se na složenom senzorno-motornom sistema i sinergističkom delovanju između pasivnih struktura (ligamenata) i aktivne (mišićne) kontrole pokreta tibio-femoralnog kompleksa. Pored svoje pasivne mehaničke uloge, prednji ukršteni ligament, dodatno učestvuje i u obezbeđivanju senzornih informacija čime direktno učestvuje u procesu pozicioniranja zgloba i refleksne mišićne stabilizacije kolena (163)(164)(85)(165)(82). Različiti stepeni dinamičke stabilnosti kolena mogu pomoći da se objasni paradoks sa kojim se kliničari često susreću: pacijenti sa malim laksitetom pri kliničkom pregledu, imaju izražen osećaj funkcionalne nestabilnosti a istovremeno, sportisti sa izraženim laksitetom nastavljaju sa sportskim aktivnostima u visokom rangu takmičenja sa naizgled potpunim osećajem nestabilnosti (166)(159)(167)(168). Zanimljivo je da mnogi autori nisu uspeli da dokažu korelaciju između stepena prednje translacije tibije i

rezultata funkcionalnih testova zgloba kolena sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom(169)(170)(171). Zbog toga rezultati ispitivanja mehanizama neuromuskularne kontrole mogu biti efikasniji u predviđanju funkcionalnog ishoda stabilnosti zgloba kolena nego što su testovi pasivnog lakteta kod pacijenata sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta jer je ova nestabilnost možda posledica i narušenog integriteta sistema dinamičke kontrole stabilnosti (172)(168).

Povezanost centralnog nervnog sistema i dinamičkih stabilizatora kolena

Prisustvo neuroreceptora u zglobu kolena je prvi opisao Raubner još 1874.godine (173). Abbott i saradnici, kao i Gardner sa svojim saradnicima (174)(75)(175) su objavili da zahvaljujući bogatoj inervaciji prednji ukršteni ligament deluje kao prva karika „kinetičkog lanca“. Abbott i sar. su istakli da „impulsi koji se generišu u prednjem ukrštenom ligamentu, se nakon obrade u centralnom nervnom sistemu vraćaju ka efektornim mišićima, obezbeđujući tako očuvanje uobičajenog, bez teškoća izvedenog, koordinisanog pokreta unutar zgloba, dok neuobičajeno snažni i frekventni impulsi u centralnom nervnom sistemu ukazuju na rizičan položaj zgloba kolena zbog preistegnutog stanja ligamenta, što dovodi do aktivacije pomoćne muskulature kolena i dodatne stabilizacije zgloba sa ciljem sprečavanja oštećenja struktura u i oko njega(54). Cohen i Cohen su 1956.godine popularizovali ideju o takozvanom „artrokiničkom refleksu“ (176). Zasnivajući rezultate na istraživanju sa decerebranim mačkama, izneli su ideju da je ishodište protektivnih aferentnih impulsa smešteno u zglobnoj kapsuli. Verovali su da je za stabilnost kolenog zgloba neophodan dobar i očuvan balans između četvoroglavog mišića buta i mišića zadnje lože natkolenice. Istovremeno je Ivan Palmer (177)(178) izneo teoriju po kojoj su ligamenti ti koji snabevaju centralni nervni sistem inputom neophodnim za dinamičku kontrolu kolena. Prikazao je refleksne kontrakcije medijalnih vlakana mišića i prednje i zadnje lože nakon stimulacije dubokih, intrakapsularnih snopova medijalnog kolateralnog ligamenta, kao i da ovaj refleks nestaje kod traumatizovanog kolena.

Solomonow sa saradnicima (55) je objavio podatak o direktnom mišićno refleksnom luku na osnovu njihovih istraživanja u vezi prednjeg ukrštenog ligamenta kod ljudi. Zaključili su da se povredom ligamenta prekida primarni ligamentarni refleksni luk a aktivira se sekundarni, znatno sporiji mehanizam sa izvorištem u kapsuli zgloba i samim mišićima, potreban za modulaciju tonusa vlakana četvoroglavog mišića buta i mišića zadnje lože. Kenedy i saradnici su izneli hipotezu da gubitak informacija iz mehanoreceptora, koji se dešava kod narušavanja integriteta prednjeg ukrštenog ligamenta, dovodi do povećanja nestabilnosti i nastanka rekurentnih epizoda mikro i makro trauma kolena(179).

Analiza ovih studija ukazuju da kod povreda koje su nastale traumom visokog intenziteta, narušavanje strukture ligamenata je značajnije zbog prekida aferentne inervacije centralnog nervnog sistema nego slabljenja pasivne mehaničke stabilizacije zgloba (163)(55)(85)(81)(82). Na žalost, kod prekida vlakana prednjeg ukrštenog ligamenta, narušava se i složeni interaktivni balans između senzornog inputa ka centralnom nervnom sistemu i dinamičkih stabilizatora čija aktivnost zavisi od centralnog nervnog sistema, dovodeći do smanjenene sposobnosti zaštite samog zgloba (180).

Mišićno reakciono vreme kod osoba sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta

Mišićno reakciono vreme (MRV) je jedan od načina procene normalnog funkcionisanja i pasivnog (ligamentarnog) i aktivnog (mišićnog) sistema stabilizacije zgloba kolena. Wojtzys i sardnici su u svojoj studiji tokom koje su ispitivali MRV kod 100 ispitanika sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentima došli do zanimljivih rezultata. Oni su napravili tri grupe u zavisnosti od vremena proteklog od nastanka povrede do testiranja i uočili su da je MRV mišića povređene noge statistički značajno duže u odnosu na iste mišiće zdrave noge, kao i na rezultate kontrolne, nepovređene grupe(171). Do istih rezultata došli su Beard i saradnici koji su utvrdili da kod pacijenta sa

pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom postoji sniženje MRV kontrakcije hamstringa povređene noge u odnosu na nepovređenu kao i na kontrolnu grupu ispitanika sa obe nepovređene noge (181).

U refleksnom odgovoru mišića nepovređene noge na prednju translaciju tibije postoji utvrđeni redosled aktivacije mišića: prvo se kontrahuju vlakna m.gastrocnemius-a (G- gastrocnemius), zatim mm.hamstring-a (H–hamstring) i na kraju m.quadriceps-a (Q–kvadriceps) čime se dobija **GHQ patern**. Wojtys i saradnici su utvrdili i da ne postoji razlika u modelu refleksne mišićne kontrakcije nedominantne u odnosu na dominantnu nogu (171).U voljnom mišićnom odgovoru, mišići zadnje lože su inicijalna grupa koja pokušava da spreči ekstremnu translaciju tibijekojima se zatim pridružuju vlakna četvoroglavog mišića butai m.gastrocnemius-ašto ukazuje da predominantna mobilizacija mišića nešto drugačija u voljnom u odnosu na refleksni odgovor (**HQG patern**).

Refleksni odgovor mišića kolena sa povređenim prednjim ukrštenim ligamentom pokazuju nešto drugačiji obrazac u odnosu na nepovređeno koleno. UmestoGHQ redosleda, kod povređene noge dolazi do GQH aktivacije mišića. Međutim, ova razlika primećena je samo kod svežih povreda, tj. kod onih ispitanika koji su testirani u vremenskom prozoru od 6 meseci nakon nastanka povrede. Nakon ovog perioda dolazi do normalizacije odgovora. Voljni mišićni odgovor kod osoba sa povređenim ligamentom se takođe razlikuje u tom smislu da se kod njih za stabilizaciju kolena i sprečavanje prekomerne translacije tibije prvo mobilishu vlakna kvadricepsa (QHG). I ova razlika se gubi 6 meseci nakon povrede i ako MRV i dalje ostaje statistički značajno duže u odnosu na nepovređenu nogu.

Zanimljivo je da se paterni mišićne mobilizacije menjaju i kod nepovređene noge u odnosu na kontrolne vrednosti kod nepovređenih osoba. Tako i nepovređena noga kod osoba sa povređenim ligamentom na drugom kolenu, poprima obrazac povređene noge, pa se u refleksnom odgovoru dobija QHG obrazac (HQG je kod nepovređenih osoba).

U refleksnom odgovoru tokom akutne faze (< od 6 meseci od nastanka povrede) dobija se odloženi odgovor hamstringa u odnosu na kontrolne grupe (nepovređena noga i nepovređene osobe). Ove rezultate potvrđuju i nalazi Solomonow-a i saradnika, koji su izneli hipotezu o postojanju direktnog, primarnog, refleksnog luka između hamstringa i prednjeg ukrštenog ligamenta za čiju aktivaciju treba manje vremena (u proseku 18ms) u odnosu na luk koji postoji između receptora u zglobnoj čauri i hamstringa a koji postaje primaran tek usled prekida luka sa izvorištem u prednjem ukrštenom ligamentu. Voljna kontrakcija hamstringa je još prolongiranija (u proseku 40ms) pa im iz tog razloga četvoroglavi mišić buta postaje mišić prve linije stabilizacije zgloba kolena. Nekoliko studija je potvrdilo da se ovo podešavanje mišićne koordinacije kod osoba sa povređenim prednjim ukrštenim ligamentom odvija na nivou centralnog nervnog sistema sa ciljem da se izmenom u redosledu kompenzuje pasivna, ligamentarna, nestabilnost zgloba kolena(182)(183)(184).Može se reći da inicijalni mišićni odgovor na prednju translaciju tibije u akutnoj fazi nakon povrede dodatno komplikuje situaciju jer se mišićna kontrakcija m.quadriceps-a odvija bez sinhronizovane, balansirane „kontre“ hamstringa, čime se povećava verovatnoća preterane translacije tibije i mogućnost nastanka pivot šifta (185)(186).

S obzirom na brojne literarne dokaze, logičan je zaključak da su mišići grupe hamstringa osnovni agonisti kod osoba sa povredama prednjeg ukrštenog ligamenta (187)(188)(189)(190)(191)(192)(180)(168). Balans među vektorima delovanja mišića hamstringa, m. quadriceps-a i m.gastrocnemius-a, koji zavisi prevashodno od intenziteta kontrakcije i ugla fleksije, ima veliki značaj kod osoba sa oštećenim prednjim ukrštenim ligamentom(193)(194)(195). Draganich i saradnici su pokazali da hamstring funkcioniše sinergistički sa prednjim ukrštenim ligamentom u cilju sprečavanja preteranog tibijalnog pomeranja što može biti posledica svake kontrakcije četvoroglavog mišića(188).Andriacchi i saradnici su dobili rezultate koji ukazuju da kako se povećava ugao fleksije u kolenu, povećava se i sposobnost mišića hamstringa da kompenzuju deficit nastao povredom prednjeg ukrštenog ligamenta, pa tako pri uglu većem od 40 stepeni, sam hamstring daje i rotatornu stabilnost i otpor prednjoj translaciji (196).

Kao zajednički zaključak svih ovih ispitivanja funkcije dinamičkih stabilizatora kod povreda prednjeg ukrštenog ligamenta je da njegova povreda ne dovodi samo do narušavanja stabilnosti zgloba, nego utiče i na neuromuskularne performanse(197)(181)(198)(199)(169)(156)(200)(171). Osobe sa ovim tipom povrede imaju produženo mišićno reakciono vreme za m.quadriceps, mm.hamstringa i m.gastrocnemijus u poređenju i sa sopstevnom nepovređenom nogom ali i sa nepovređenim osobama a izmenjeni su im i modeli mišićne aktivacije u odnosu na zdrave osobe. Međutim, kod osoba koje su bez tegoba i osećaja nestabilnosti i pored verifikovane rupture prednjeg ukrštenog ligamenta, u hroničnoj fazi (>18meseci nakon povrede) neuromuskularni sistem uspeva da se vrati na modele aktivacije koji postoje u slučaju nepovređenih ligamenata. Ova „autokondiciona“ sposobnost aktivacije protektivne muskulature može biti jedan od razloga zašto neki pacijenti i pored povrede postižu bolje funkcionalne performanse.

Kao što je već rečeno, specifični aferentni receptori koji se nalaze u ligamentima i kapsuli zgloba, imaju dvostruku ulogu. Pored toga što obezbeđuju informaciju o položaju tela u prostoru, oni su i izvor informacija kojim se započinju odbrambeni refleksni mehanizmi kojima se stabilizuju zglobovi i time sprečava nastanak povreda tkiva. Ruffini-jeva i Golgi-jeva telašca su sporoadaptirajuća i kao što je već rečeno, predstavljaju dominantni tip receptora u zglobnoj čauri (201)(96)(202). Oni se aktiviraju i pri aktivnoj i pri pasivnoj promeni položaja i odašilju impulse tokom celog obima pokreta koji se izvodi(203). Međutim, intenzitet i frekfenca njihovih impulsa je najveća u ekstremnim položajima i krajnjim amplitudama pokreta (204)(205)(125)(206). Friden i saradnici (199)su u svojim istraživanjima dobili rezultate koji ukazuju da se proprioceptivna senzitivnost poboljšava sa većim stepenom ekstenzije u zglobu kolena a Borsa i njegovi saradnici (207)su potvrdili ove rezultate svojim istraživanjem. Spoljašnja rotacija takođe dovodi do povećanja frekfence impulsa generisanih u ovim receptorima (208)(209)(204)(202). S obzirom da su to pozicije u kojima je prednji ukršteni ligament istegnut do maksimuma i samim tim lako povrediv, logično je zaključiti da ovi receptori imaju ulogu u upozoravanju na nastanak ove mogućnosti i samim tim njenog sprečavanja (146).Rufini, Goldži i Pačinijeva telašca su dokazani inicijatoriaferntnih impulsa

refleksnog luka kojim se stabilizuje koleno (202). Tačan mehanizam njihovog delovanja je još uvek predmet ispitivanja u cilju utvrđivanja da li su impulsi generisani direktno stimulacijom alfa motornog neurona ili je ovaj efekat posredovan od strane gama motornih neurona iz mišićnog vretena. Obimna istraživanja koja je sproveo Johansson sa saradnicima dala su rezultate koji ukazuju da aktivacija ligamentarnih mehanoreceptora intenzivira mišićnu kontrakciju kojom se stabilizuje koleno pri dodatnom opterećenju (210)(211)(212). Griggs i saradnici su došli do zaključka da mišići koji prelaze preko zgloba kolena imaju sposobnost da aktiviraju aferentne receptore zgloba pri svojim kontrakcijama a Hughston i saradnici da postoje kapsularni snopovi m. semimembranosus-a čijom kontrakcijom dolazi do zatezanja kapsule zgloba (204)(213)(214).

Postavlja se pitanje da li su ove refleksne kontrakcije muskulature inicirane stresnim položajem kolena, dovoljno brze i da ga zaštite. Pope i saradnici su pokazali da kontrakcije medijalnog dela hamstringa povećava valgus čvrstoću medijalnog kolateralnog ligamenta za 104% a m.quadricepsa za 164% (215).U odgovoru na vizuelnu ili taktilnu stimulaciju, protektivna mišićna kontrakcija se kasno javljala da bi obezbedila potpunu zaštitu zgloba kolena od nastajanja povrede. Impulsi koji nastaju mehaničkom deformacijom Golgi, Ruffini i Pačini mehanoreceptora, se prema Guytonu-u, prenose mijeliniziranim vlaknima velikog dijametra koji dodatno imaju uticaja u modulisanju mišićnog tonusa u fizički visoko zahtevnim aktivnostima, poput trčanja (203). Mnogi sportovi podrazumevaju i razmenu velike energije pri kontaktu među igračima koja je često znatno veća od otpornosti i čvrstine ligamenta, čak i kad mu u stabilnosti zgloba pomaže okolna muskulatura. Brzina kojom nastaju povrede često je na žalost znatno veća od brzine provođenja čak i debelih mijeliniziranih vlakana pa se tako može zaključiti da je proprioceptivni input adekvatan za zaštitu kolena u svakodnevnim, uobičajenim aktivnostima malog rizika, poput hodanja i trčanja ali da velika nekontrolisana energija koja postoji kod razornih povreda nadmašuje maksimalnu kontrakciju mišića kojoj je cilj zaštita ligamenata a samim tim i drugih struktura kolena.

1.5. LEČENJE POKIDANOG PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA

Povećan nivo dnevnih aktivnosti savremenog načina života, kao i intenziviranje svih oblika saobraćajnog transporta, doveli su do povećanja traumatizma. Koleno je jedan od najčešće povređivanih zglobova u humanoj populaciji. Posledice njegovih povrede češće iziskuju skupo operativno lečenje kao i dugotrajnu rehabilitaciju, jer do potpunog ozdravljenja i povratka na nivo profesionalnih i sportskih aktivnostima pre nastanka povrede obično prođe i nekoliko meseci.

Danas učestalost povreda meniskoligamentarnog aparata poprima skoro epidemijske razmere a sama incidenca povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kolena ima stalni trend rasta(216). Prema rezultatima studija koje su objavili Cimino, Volk i Setter, na godišnjem nivou se u Sjedinjem Američkim Državama obavi u proseku između 80.000 i 100.000 ligamentoplastika pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta, a većina ovih povreda nastaje u nekontaktnim fizičkim aktivnostima(217)(218). Sportisti su deo populacije kod kojih se najčešće susrećemo sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta(219). Neretko se na žalost ove povrede mogu zadobiti i tokom saobraćajnog traumatizma.

Ranije je već napomenuto da su vlakna prednjeg ukrštenog ligamenta uvijena oko svoje uzdužne ose što dovodi do izvesne kompresije krvnih sudova srednjeg dela i do manje vaskularizovane zone u srednjem delu ligamenta(68)(27). Ovo je razlog zbog kojeg nije moguće njegovo spontano zarastanje kod kompletne rupture i zašto ubrzo nakon kidanja dolazi do atrofije njegovih delova(70)(220). Kod delimičnog pucanja ligamenta, prema mišljenju nekih autora, moguće je njegovo srastanje(221)(222), ali je ono znatno otežano zbog specifičnog sistema vaskularizacije. Isti ti autori navode da je proces zarastanja nepotpunog prekida ligamenta isti kao i kod drugih tkiva, tj. da prolazi kroz tri dobro poznate faze. Prva, faza inflamacije koja traje 72h i tokom koje dolazi do nakupljanja seroznog izliva u samom ligamentu ali i u sinoviji oko njega. Druga, faza ćelijske proliferacije i reparacije matriksa koja traje 6 nedelja, i u kojoj se aktiviraju se fibroblasti a dolazi i do stvaranja granulacionog tkiva i kolagenih vlakana, prevashodno tipa III zahvaljujući čemu se formira novi

vanćelijski matriks. Treća faza jefaza remodelacije koja traje mesecima, i tokom koje sazreva novoformirani vanćelijski matriks. Međutim, tako repariran prednji ukršteni ligament nema mehaničke karakteristike kao intaktni(223). Martha Murray sa sar. je objavila zanimljiv rad u vezi eksperimenata na psima(224). Ona je na mestu jatrogene parcijalnerupture prednjeg ukrštenog ligamenta ubrizgavala kolagenski gel obogaćen krvnom plazmom. Upoređivala je nakon 6 nedelja popunjenost defekta (skoro duplo bolji rezultat je bio u grupi koja je bila tretirana) a i mehanička snaga ligamenta je bila više nego 3 puta veća.

Palmer je ortopedski hirurg koji je 1938. godine uveo nov, u tom momentu skoro revolucionarni, pristup u razumevanju nastanka povreda i načinu njihovog lečenja. On je bio prvi koji je do detalja objasnio ulogu prednjih ukrštenih ligamenata, ukazao na to da je njihova povreda često praćena udruženim povredama meniskusa i medijalnog kolateralnog ligamenta ali i izneo zaključak da ligamenti nemaju sposobnost samostalnog zaceljivanja te da je od izuzetne važnosti njihova što promptnija hirurška rekonstrukcija. Naveo je četiri osnovna mehanizma pri kojima dolazi do povrede prednjeg ukrštenog ligamenta(225):

1. odvođenje, savijanje i unutrašnja rotacija butne kosti u odnosu na golenjaču,
2. primicanje, savijanje i spoljašnja rotacija butne kosti u odnosu na golenjaču,
3. prekomerno i forsirano opružanje kolena, i
4. prednje-zadnje iščašenje kolena(59)

Položaj u kom najčešće dolazi do kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta je tzv. spoljašnja rotacija kolena pri kojoj je tibija u položaju unutrašnje rotacije, abdukcije i fleksije. Često ovaj položaj dovodi do povreda celog unutrašnjeg kompartmenta kolena, uključujući i unutrašnji kolateralni ligament i meniskus. Naravno, jačina sile koja deluje na koleno je presudna za stepen devastiranja struktura unutar zgloba kolena(226)(227)(179). Kada je koleno u suprotnom položaju a potkolenica u adukciji, fleksiji i spoljašnjoj rotaciji, dolazi do povreda struktura spoljašnje strane zgloba(218)(228). Pri pokretu hiperekstenzije kao najčešća povreda nastaje kidanje prednjeg ukrštenog

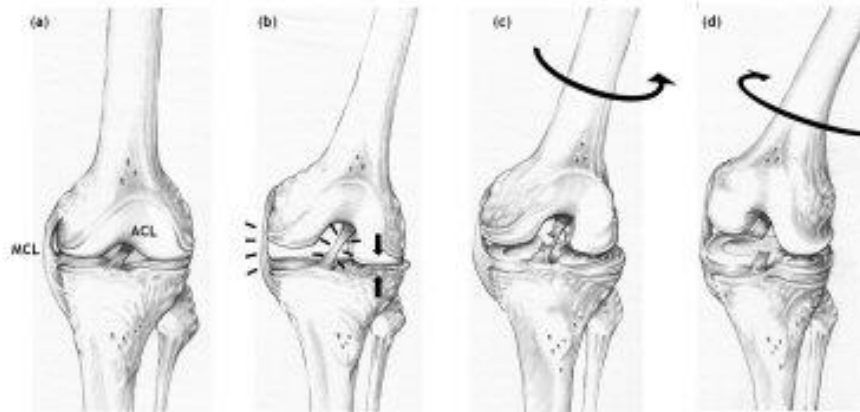
ligamenta. Ako sila koja izaziva hiperekstenziju produženo deluje, pored kidanja prednjeg ukrštenog kida se i zadnji ukršteni ligament kao i zadnji deo zglobne kapsule. Nekontrolisana translacija tibije koja se dešava u sagitalnoj ravni za posledicu može imati prekid čak oba ukrštena ligamenta.

Još 1941. godine su Brantigan i Voshell ukazali na anatomsku vezu između povreda unutrašnjeg ligamentarnog kompleksa, pobočnih ligamenata i meniskusa(229). LeRoy i sar. su 1944. godine su objasnili da abdukcija i rotacija potkolenice dovodi do kombinovanih povreda prednjeg ukrštenog i unutrašnjeg kolateralnog ligamenta(230).

O'Donoghue i sar. su 1950. godine prvi definisali tzv. „nesrećnu trijadu“ – kidanje unutrašnjeg pobočnog i prednjeg ukrštenog ligamenta praćeno oštećenjem unutrašnjeg meniskusa - koja nastaje kada sila deluje na potkolenicu koja je u položaju abdukcije i spoljašnje rotacije(231).

Izolovane povrede samo prednjeg ukrštenog ligamenta se dešavaju u slučaju hiperekstenzije i prednje-zadnje translacije, a zadnjeg ukrštenog ligamenta samo pri prednje-zadnjem pomeranju(179)(227). Slocum i Larson su krajem šezdesetih godina prošlog veka, objavili rezultate ispitivanja rotatorne nestabilnosti kolena kao i povreda koje nastaju u položaju abdukcije i flektiranog kolena i spoljašnje rotacije potkolenice. Osnovna povreda koja se javljala kod svih njihovih ispitanika bila je kidanje unutrašnjeg ligamentarnog kompleksa(232).

Kennedy i sar. su 1974. godine objavili rezultate svojih istraživanja na kadaverima o mehanizmima kidanja ligamenata. Oni su dobili da ako je koleno flektirano pod pravim uglom a potkolenica u spoljašnjoj rotaciji od 40-50°, prvo dolazi do istezanja a potom i kidanja unutrašnjeg kapsularnog ligamenta(179). Ako u ovom momentu koleno još dodatno izloži abdukciji dolazi do kidanja medijalnog kolateralnog ligamenta, a nastavkom delovanja ili intenziviranjem sile kida se i prednji ukršteni ligament (Slika br. 12).



Slika 12. Mehanizam povređivanja kapsulo-ligamentarnih struktura kolena (preuzeto sa <http://www.ostrc.no/en/News-archive/News-2010/2365/>).

Feagina i sar. su 1987. godine, ukazujući na ulogu interkondilarnog useka u nastanku povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, uveli pojam „sindrom suženog interkondilarnog useka“. Kada postoji ovakvo stanje, ekstenzijapotkolenice koja je rotirana ka unutra uzrokuje zatezanje zadnje-spoljašnjih vlakana prednjeg ukrštenog ligamenta i njegovo pomeranje na interkondilarni greben što za posledicu može da ima i autoamputaciju(233).

Tillma i sar. su 2002. godine ustanovili da postoje tri različita geometrijska oblika interkondilarnog useka, a takođe su ukazali da je on kod žena manje okrugao što po njima ima značaja u lakšem nastajanju povreda ovog ligamenta(234). Izvestan broj autora koji se bavi izloženom problematikom, smatra da kidanje prednjeg ukrštenog ligamenta ne može biti izolovana povreda, jer su u eksperimentima koje su vršili uvek dobijali i manje ili većepovrede i drugih menisko-ligamentarnih struktura(235)(236). Suprotno od njih, Wang i sar. su objasnili kako može nastati izolovana povreda prednjeg ukrštenog ligamenta kroz primer igrača fudbala, kada usled naglog i jakog udarca od napred i sastranesa kolenom u položaju hiperekstenzije, potkolenice u unutrašnjoj rotaciji a stopala fiksiranog na podlozi, kada dolazi do preopterećenja i pucanja prednjeg ukrštenog ligamenta(237). Mc Master i sar. takođe potvrđuju da je izolovana povreda prednjeg ukrštenog ligamenta česta kod sportista, s tim da su oni došli do zaključka da takva povreda nastaje kada je

potkolenica u unutrašnjoj rotaciji a koleno u ekstenziji(238). Ristić i sar su u svom ispitivanju dobili da je kod njihovih ispitanika doskok, prilikom igranja košarke, odbojke ili rukometa, bio najčešći momenat i pokret pri kom je dolazilo do kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta, dok je promena pravca kretanja sledeća aktivnost koja je imala za posledicu povredu prednjeg ukrštenog ligamenta(219).

Na osnovu svega navedenog može se reći da pri povredi ukrštenih ligamenata, veoma često nastaju pridružene povrede i ostalih intra i ekstraartikularnih struktura kolena, najčešće zglobne kapsule i meniskusa. Zastupljenost lezija meniskusa pri povredi ligamenata je česta i kreće se, prema različitim autorima, od 37% do čak 86%(239)(240)(241). Ova udruženost je u dečijoj populaciji nešto niža i registrovana je u 56% slučajeva(242). Ovaj često prisutni kompleks komorbiditeta, lezija meniskusa, unutrašnjeg ili spoljašnjeg, i ruptura ukrštenih ligamenata, dovodi do brze progresije degenerativnih procesa na hrskavici zglobnih površina kolena i dodatnog smanjena nezavisnosti u aktivnostima dnevnog života(243)(244).

Kao i mnogi drugi medicinski problemi i ruptura ligamenta je kroz vreme bila uzrok mnogih terpaijskih dilema i oprečnih stavova. Naročito je protokol lečenja svežih povreda prednjeg ukrštenog ligamenta neretko bio, a i dalje jeste,uzrok suprotstavljanja stavova i stručnog neslaganja.

Veoma često citirani podaci Franka i sar. ukazuju na to da se svake godine u u Sjedinjenim Američkim Državama dogodi 100.000 novih povreda prednjeg ukrštenog ligamenta, a u Velikoj Britaniji je godišnja incidenca u proseku osam do devet ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta na 100.000 stanovnika sa stalnom tendencijom povećanja(245). Cilj operativne rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta je da se povrati stabilnost kolena, održi/poboljša obim pokreta i samim tim odloži pojava degenerativnih promena u hrskavici i meniskusima, i na taj način zaštititi koleno od dodatnog devastiranja. Uspešnom rekonstrukcijom ovog ligamenta omogućava se povređenoj osobi normalno i samostalno učešće u aktivnostima dnevnog života kao i vraćanje najvišem mogućem nivou sportskih aktivnosti.

Adekvatan način rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta podrazumeva učešće stručnog i dobro edukovanog operatera, nakon dobro obavljenog dijagnostičkog protokola i razgovora sa pacijentom u okviru kog su postavljeni ciljevi lečenja na osnovu njegovih očekivanja i realnih mogućnosti, uzimajući u obzir intenzitet povrede i eventualno prisustvo pridruženih povreda i komorbiditeta. Naravno, treba uzeti u obzir i starost pacijenta, profesiju, nivo fizičke aktivnosti pre zadobijanja povrede, a takođe i motivisanost pacijenta za komplijansu u višemesečnom lečenju. Poslednjih decenija prisutna je tendencija smanjena kriterijuma pri odabiru populacije za operativnu rekonstrukciju. Važeći stav je da su za hirurško lečenje adekvatne sportski aktivne osobe koje žele da nastave sa nivoom sportskih aktivnosti kao pre povrede, pacijenti sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom i reparabilnom lezijom meniskusa, multiligamentarnom lezijom kolena, kao i osobe sa izraženom nestabilnošću tokom aktivnosti dnevnog života(246).

Kapacitet ligamenta za samoregeneraciju je ustvari taj koji određuje način lečenja povreda ligamenata kolena. Sposobnost nekog tkiva da zaraste, tj. da se regeneriše pre svega zavisi od stepena diferencijacije tkiva, intenziteta vaskularizacije, nivoa inervacije i drugih lokalnih uslova. Neki od eksperimenta su ukazali na malu sposobnost spontanog zarastanja koju ima prednji ukršteni ligament, mada je ono ipak moguće ali kod delimičnog prekida kontinuiteta(247)(248). Kao što smo već naveli rezultati istraživanja Murrey i sar. su pokazala u eksperimentima na psima da je moguće pospešiti zarastanje pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta primenom gela koji u svom sastavu ima kolagen i krvnu plazmu, ali je tako reparirani ligament ima značajno manju otpornost pri mehaničkim opterećenjima(224). O`Donoghue je ispitujući reparaciju i rekonstrukciju pokidanih ukrštenih ligamenata, našao da se nakon dve nedelje od povrede pokidani krajevi ligamenta retrahuju i apsorbuju, pa je zbog toga posle ovog perioda nemoguća hirurška reparacija(231). Neki drugi autori smatraju da se ovaj proces odvija tek nakon 4-8 nedelja(249). Krajevi prekinutog ligamenta se tokom vremena resorbuju zbog čega se nakon dvanaest meseci mogu registrovati samo ostaci ligamenata na mestima pripoja. U tom periodu, nakon godinu dana od povrede se kod velikog broja ispitanika može uočiti prisustvo već intenzivnih degenerativnih

procesa na zglobnoj hrskavici(250). Klinički je važan podatak da kompletna ruptura nastaje čak 50% slučajeva primarno nepotpuno pokidanih ukrštenih ligamenata(248).Objašnjenje za ovo se verovatno nalazi u rezultatima koji su dobijeni tokom eksperimentalnih istraživanja u kojima je prednji ukršteni ligament delimično prekidan. Na mestu lezije nisu se odvijali reparatorni procesi, te je ligament na tom mestu bio manje vaskularizovan i tanji, što uz kontinuiranu tenziju vlakana ligamenta tokom pokreta dodatno inhibira proces reparacije(251). Najveći broj pacijenataistovremeno zadobije povredu medijalnog kolateralnog i prednjeg ukrštenog ligamentajer je najčešći mehanizam kojimnastaje povreda ukrštenih ligamenata abdukcija i fleksija kolena sa potkolenicom u unutrašnjoj rotaciji(252). Mehanizam i jačina sile koja deluje na koleno su direktno proporcionalne intenzitetu lezija koje nastaju u zglobnim strukturama.

U cilju standardizovanja evaluacije i sledstvenog prezentovanja rezultata koji su tokom ispitivanja dobijeni, Komitet za medicinski aspekt sporta Američkog lekarskog udruženja izdao je knjigu pod nazivom “*Standardni nazivi sportskih povreda*” u okviru koje su povrede prednjeg ukrštenog ligamenta izdvojene u tri stepena. Prvi stepen se karakteriše narušavanjem strukture manjeg broja niti ligamenata a klinički se manifestuje samo osetljivošću bez narušavanja stabilnosti kolena. U drugom stepenu oštećenja prekinut je kontinuitet većeg broja fibrila, narušena je funkcije i adekvatna reakcije struktura zgloba, ali i dalje ne postoji nestabilnost. Kod trećeg poslednjeg stepena dolazi do potpunog prekida kontinuiteta tkiva ligamenta što za posledicu ima značajan gubitak funkcije povređenog zgloba i klinički manifestnu nestabilnost(253).

Način lečenja zavisi od stepena oštećenja ligamenata pa je tako kod prvog stepena oštećenja ligamenata, gde je narušen kontinuitet samo manjeg broja fibrila i gde nema kliničke nestabilnosti, tretman isključivo simptomatski i konzervativan i zasniva se na primeni RICE protokola (mirovanje, led, kompresija u vidu bandaže i elevacija povređenog ekstremiteta) zahvaljujući kojoj se pacijent već nakon nekoliko dana vraća na nivo svojih aktivnosti koji je imao pre nastanka povrede. Drugi stepen povrede podrazumeva prekid

kontinuiteta većeg broja fibrila ligamenta a praćen je gubitkom funkcijeekstremeteta, smanjenim obimom pokretljivosti i lokalnom reakcijom zgloba kolena, ali i dalje uz odsustvo kliničkih znakova nestabilnosti. Kod ovakve povrede, da bi oštećeni fibrili dobili šansu za reparaciju, nužna je primena nadkolene imobilizacije sa ili bez obuhvatanja stopala, u trajanju od četiri do šest nedelja(254). Nakon uklanjanja imobilizacije korisno je pacijenta uputiti na rehabilitacioni tretman u neku od za to specijalizovanih ustanova. Rezultati lečenja i subjektivne tegobe nakon njega zavise od brutalnosti same povrede, uzrasta pacijenta, eventualno već prisutnihdegenerativnih promena u zglobu kolena, jačine okolne muskulature, ali i motivisanosti i upornosti pacijenta. Određen deo pacijenatai dalje ima određen stepen nestabilnosti kolena, praćen čestim bolovima, izlivima, progresivnom slabošću mišića, i sledstvenom ograničenošću u samostalnosti obavljanja dnevnih, radnih i životnih, aktivnosti(255)(256). Nestabilnost kolena koja nastaje usled oštećenog prednjeg ukrštenog ligamenta dovodi do razvoja degenerativnih promena struktura zgloba kolena, kao i lezija meniskusa kod pacijenata koji su neoperativno lečeni(257). Subjektivni i funkcionalni rezultati konzervativnog načina lečenja su značajno bolji kod takmičarskih sportista u odnosu na ispitanike koji se nisu bavili sportom, pa je samim tim i njihov povratak svakodnevnim aktivnostima bio znatnoraniji(258).

Za pacijente najteža komplikacija kodkasno dijagnostikovanih povreda ukrštenih ligamenata i samim tim neadekvatnog lečenja, javlja se i subjektivna i objektivno detektovana nestabilnost koja u kombinaciji sa bolovima i povremenim izlivima u kolenu znatno komplikuje obavljanje aktivnosti dnevnog života a čini skoro nemogućim aktivnosti vezane za aktivno bavljenje sportom poput odskoka i doskoka, trčanja sa promenama pravca, pa čak i pravolinijskog trčanja.

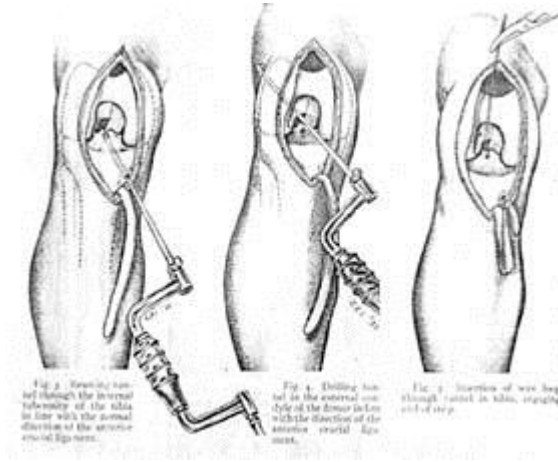
Ukoliko lečenje nestabilnosti kolena fizikalnim procedurama,koje je praćeno subjektivnim i funkcionalnim ograničenjima, uz ciljano jačanje muskulature donjih ekstremiteta ne dovede do poboljšanja treba razmišljati o operativnoj rekonstrukciji(259). Odlaganjem hirurškog lečenja dolazi do ubrzavanja procesa degenerativnih promena koje veoma brzo postanu

ireverzibilne i u kratkom vremenskom roku mogu biti i radiografski potvrđene. Nakupljanje kalcijuma u ligamentima i meniskusima, defekti hrskavice zglobnih površina, skleroza kosti ispod njih sa stvaranjem subhondralnih cista, suženje pukotine zgloba i sledstveno narušavanje biomehanike celog ekstremiteta je klinička slika sa koja se sreće nakon izvesnog vremena kod većine neoperisanih osoba sa nestabilnošću kolena.

Savremeni stavovi podrazumevaju da većina izolovanih ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta zahteva operativno lečenje(260)(261). Dilema operisati ili ne prekid prednjeg ukrštenog ligamenta odmah po nastanku povrede ne postoji samo u slučaju koštanog otrgnuća ligamentarnog pripoja. To je stanje za koje svi ortopedski hirurzi apsolutno indikuju ranu fiksaciju koštanog fragmenta, bez obzira o kom se pripoju radi(262)(263). Pre donošenja odluke o operativnom lečenju moraju biti razmotreni isti faktori kao i pri donošenju odluke o konzervativnom lečenju i podrazumevaju podatke o starosti pacijenta, stepenu eventualno već prisutnih degenerativnih procesa, nivou fizičke spremnosti i intenzitetu sportskih aktivnosti, prisustvu pridruženih povreda, zahtevima nivoa profesionalne aktivnosti i samoj motivacija pacijenta da prođe kroz ceo proces lečenja. Nisu malobrojni pacijenti srednje životne dobi sa izolovanom rupturom prednjeg ukrštenog ligamenta koji su spremni da smanje intenzitet svojih fizičkih aktivnosti. Zahvaljujući tome se subjektivno dobro osećaju i nemaju velikih poteškoća u svakodnevnom funkcionisanju, te mogu biti dalje lečeni neoperativnim pristupom, ali im mora biti predočeno postojanje umerenog rizika za nastanak naknadne lezije meniskusa.

Problematika rupture prednjeg ukrštenog ligamenta je tokom XX veka postala aktuelna usled ekspanzije profesionalnog sporta na globalnom nivou i ekonomskim gubicima koje veliki timovi imaju usled gubitka igrača nakon ove povrede. Različitim hirurškim pristupima se pokušavalo da se obezbedi što raniji povratak na teren povređenih igrača ali sa dovoljno „čvrstim“ kolenom da bi bio moguć povratna nivo fizičke aktivnosti koju je imao pre povrede. Takozvani zlatni standard u rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta kolena je tehnika u kojoj se za njegovu rekonstrukciju koristi srednja trećina ligamenta patele. Davne 1936. godine Willis Campbell je

objavio rezultate rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta, korišćenjem patelarne tetive, kod 17 sportista od kojih se se nakon 6-8 meseci čak njih 9 vratilo na teren u svoje prethodne timove(264).



Slika br 13. Preuzeto sa http://www.maitrise-orthop.com/corpusmaitri/orthopaedic/87_colombet/colombetus.shtml

Od tada pa do danas zahvaljujući iskustvima Jones-a, Slocuma i sar., Clancy-a i sar. i drugih, ova metoda je znatno unapređena ali je svoj pravi smisao zadobila tek uvođenjem artroskopske tehnike(235)(232)(265). Dobri postoperativni rezultati su se pokazali u velikom broju studija što nije iznenađujuće jer je ovaj ligament po svojim biomehaničkim osobinama izuzetno kompatibilan sa prednjim ukrštenim ligamentom(266)(267), pa se literaturni uspeh njegove primene kreće u rasponu od 70-93%(268)(269)(270)(271)(272). Pivot shift, kao jedan od pokazatelja nestabilnosti kolena je u studijama sa zadovoljavajućim rezultatima bio negativan u 93% slučajeva, a Lachman test nije imao pomeranje veće od 5 mm, kod 83% pacijenata(249). Za pacijentelečene ovom rekonstruktivnom tehnikom, bitno je da koleno postaje stabilno, da nemaju više osećaj propadanja i "izdavanja" i ovakvi rezultati se dobijaju u više od 95% ispitanika(249)(251). Objektivni pokazatelji stabilnosti kolena imaju nešto niži procenat u odnosu na funkcionalne rezultate tako da ispitanicinajčešće imaju negativan "pivot shift" i test prednje fioke (od 85-93%), dok je Lachman test negativan u oko 70 do 80% pacijenata(251)(249)(273). Upravo ovako dobri postoperativni rezultati su osnova efikasnog lečenja koja čak za 80% pacijenata omogućava da se dosta

rano vrata načinu života koji su imali pre nastanka povrede. Možda su upravo ovi podaci objašnjenje povratka većine pacijenata svakodnevnim fizičkim aktivnostima čak i ako one podrazumevaju intenzivno bavljenje sportom na vrhunskom nivou(274)(275)(276).

Savremeni trend u artroskopskoj rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta je korišćenje varijacije prethodno opisane tehnike, u kojoj se pored ligamenta koriste i delići kosti sa mesta njegovog pripoja, pa se zato i zove kost-tetiva-kost tj. u anglosaksonskoj literaturi poznata je kao "*bone-tendon-bone*" (BTB) tehnike, kojai pored neospornih benefita ima i svoje mane. Jedna od njih je slabljenje tetive ekstenzornog aparata, te noge sa koje je uzet graf, što za posledicu možeimati najčešće pojačanje intenziteta bola u predelu čašice i dosta ređe kontrakturu zgloba kolena(277). Slabost ekstenzornih mišića potkolenice se često sreće neposredno nakon operacije i može da potraje i do 2 godine nakon operativnog zahvata, naročito kod pacijenata ženskog pola(278)(279). Kod 10-20% pacijenata mogu nastati i ekstenzorne ili fleksione kontrakture kolena(278)(280).

Tokom poslednje dve decenijeod mnogobrojnih tehnika i njihovih modifikacija, dve tehnike su se izdvojile kao najpouzdanije pa su samim tim postale i najzastupljenije: modifikovana Clancy-eva tehnika upotrebe patelarne tetive i operativna tehnika u kojoj se kao kalem koristi učetvorostručena tetive hamstringa (*m. gracilis* i *m. semitendinosus*) koja može biti ili auto ili alokalem(265). Pri rekonstrukciji prednjeg ukrštenog ligamenta tetivama fleksora potkolenice ("*hamstring muscles*" anglosaksonskih autora) najčešće se uzimaju tetive obamišića.

Opisana je i tehnika rekonstrukcije uzimanjem samo tetive *m.semimebranosus-a*, ali je dosta diskutabilna snaga i izdržljivosti ovakvog novog ligamenta zbog čega se ipak preferira i dalje primena obe tetive. Dobri i odlični subjektivni postoperativni rezultati dobijeni su u mnogim studijama kod 75% pacijenata nakon upotrebe samo tetive *m.semitendinosus-a*, dok se u primenomobe tetiveprocenat ovakvih ishoda lečenja povećava i iznosi od 88-98%(281)(282)(283)(284).

Kod uspešno obavljenog operativnog lečenja ispitivani funkcionalni parametri pri korišćenju tehnike "tetiva hamstringa" nisu se statistički značajno razlikovali u odnosu na one dobijene kada se koristila BTB tehnika, ali su notirane manje česte komplikacije u vidu postoperativnog bola, slabosti kontrakcija četvoroglavog mišića buta i lokalne tegobe na mestu uzimanja transplantata a da slabost mišića fleksora potkolenice nije primećena (284)(285)(286). Kod svih osoba kod kojih se postavi indikacija za artroskopsku rekonstrukciju prednjeg ukrštenog ligamenta postoji dilema o tipu grafta koji će biti upotrebljen. Donekle u rešenju ovog problema mogu pomoći biomehaničke karakteristike i specifičnosti ligamenta, i onog koji se rekonstruiše i onih koji služe kao kalemi. Kao što je već rečeno, prednji ukršteni ligament je prosečno širok 10 mm, debeo 5 mm, a prosečna površina poprečnog preseka je oko 50 mm². BTB graft uzet u adekvatnoj dužini od deset milimetara ima debljinu od 4 mm, četvorougaoanog je oblika a na preseku ima površinu od 35-40 mm² (287)(288). Graft dobijen od tetiva hamstringa od četiri snopima dijametara od 8 mm a površinu poprečnog preseka od oko 50 mm², što je skoro u potpunosti identično parametrima prosečnog prednjeg ukrštenog ligamenta a njegova otpornost na kidanje je skoro dva puta veća u odnosu na prvobitni prednji ukršteni ligament. Zbog svih ovih parametara, Miller i Gladstone zaključuju da je BTB graft metoda izbora kod pacijenata čiji način života podrazumeva fizičku aktivnost visokog intenziteta (tipa profesionalnih sportista), dok za sve druge i tehnika sa tetivama hamstringa daje dobre postoperativne rezultate (289).

Današnji stav je da odabir kalema u velikoj meri zavisi od osobina samog pacijenta ("*patients performance*"), ali se i navodi da će upoređivanje ova dva kalema biti još dugo vremena tema istraživanja. Tretman povreda prednjeg ukrštenog ligamenta ima pre svega individualni pristup i zavisi od uzrasta pacijenta, njegovog zdravstvenog stanja, prirode povrede samih ligamenta, stanja ostalih struktura zglobova kolena, zahteva pacijenata za fizičkim i sportskim aktivnostima, utreniranosti i profesije pacijenta (35).

2. CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

2.1. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

1. Utvrditi stepen greške u pozicioniranju potkolenice osoba koje imaju pokidan prednji ukršteni ligament jednog kolena u odnosu na pozicioniranje potkolenice nepovređene noge, a koje se aktivno i profesionalno bave fizičkom aktivnošću regulisanom pravilima – sportom, u klubovima na nivou Prve savezne lige za odbojku, košarku i fudbal.
2. Utvrditi da li postoji razlika u pozicioniranju potkolenica 6 meseci nakon operativnog lečenja prethodno testiranih ispitanika.
3. Utvrditi stepen senzitivnosti i specifičnosti ovog proprioceptivnog testiranja kao dijagnostičke procedure kod osoba sa oštećenim ligamentarnim aparatom kolena.

2.2. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

1. Postoji statistički značajna razlika u preciznosti pozicioniranja potkolenice sa oštećenim ligamentarnim aparatom kolena u odnosu na nepovređenu nogu pre hirurške rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta.
2. Ne postoji statistički značajna razlika u preciznosti pozicioniranja potkolenice sa oštećenim ligamentarnim aparatom kolena u odnosu na nepovređenu nogu nakon hirurške rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta.
3. Test pozicioniranja ekstremiteta je dovoljno senzitivan i specifičan kao dijagnostička procedura gubitka sposobnosti proprioceptije usled kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta.

3. MATERIJAL I METODE

Ova studija je bila prospektivnog karaktera. Uz dopuštenje etičkog komiteta Kliničkog centra Vojvodine istraživanje je sprovedeno na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju i obuhvatilo je 60pacijenata muškog pola, koji su metodom slučajnog izbora na randomizirani način uključeni u ispitivanje, a koji se aktivno i profesionalno bavefudbalom, košarkom ili odbojkom, primljenih na Kliniku za ortopedsku hirurgiju radi artroskopske rekonstrukcije pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta.

U prvoj fazi konstruisan je aparat, *digitalni goniometar*, uz pomoć kojeg je urađen eksperimentalni deo ovog ispitivanja i napravljena je baza podataka sa poljima za upis deskriptivnih i antropometrijskih parametara. Potom je uz pomoć aparata svim pacijentima koji su primljeni na Kliniku za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine radi artroskopske rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta a odgovaraju postavljenim ulaznim parametrima ove studije, testiranasposobnost propriocepcije (JPS). Testiranje je obavljeno preoperativno na povređenom i nepovređenom ekstremitetu, u dva maha: odmah po zadavanju ciljnog ugla od 35° i nakon 5 minuta. Druga faza je obavljena minimum 6 meseci nakon operativnog lečenja, hirurškom, artroskopskom rekonstrukcijom pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta kost-tetiva-kost tehnikom (*bone-tendo-bone, BTB*).

U ispitivanje su uključeni samo oni pacijenti koji su dali potpisani informisani pristanak da učestvuju u ispitivanju, koji su zadovoljii sve kriterijume za uključivanje i koji nisu imali niti jedan kriterijum za isključivanje iz studije. Svaki pacijent je detaljno informisan o svrsi istraživanja, o načinu sprovođenja ispitivanja, o zahvatima i merenjima koja će biti vršena.

Kriterijumi za uključivanje u studiju podrazumevali su sledeće:

- da je pacijent primljen na Kliniku za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju Kliničkog centra Vojvodine u Novom Sadu radi operativnog lečenja prekida prednjeg ukrštenog ligamenta kolena;
- da je potpisao informisani pristanak za uključivanje (Prilog 1. i Prilog 2.);
- da je starosne dobi od 18 do 45 godina.
- da se aktivno i profesionalno bave fizičkom aktivnošću regulisanom pravilima (fudbal, odbojka, košarka)

Kriterijumi za isključivanje pacijenata iz istraživanja bili su sledeći:

- prisustvo udružene povrede i spoljašnjeg pobočnog ligamenta koja zahteva operativno lečenje,
- pojava težih opšte – hirurških komplikacija;
- želja pacijenta da bude isključen iz daljeg ispitivanja, bez obaveze da tu svoju odluku obrazloži.

TESTIRANJE PROPRIOCEPCIJE

Za ovu studiju je koncipiran, dizajniran i sklopljen novi aparat, sa idejom objektivne verifikacije obima pokreta elektronskim putem uz mogućnost čuvanja dobijenih podataka.

Taj digitalni goniometarski sistem je implementiran kao mikroračunarski merno-akvizicioni sistem, koji se sastoji iz tri modula:

- 1) merne konstrukcije koja se postavlja na nogu ispitanika,
- 2) digitalnog elektronskog uređaja za obradu i osnovni prikaz rezultata merenja i
- 3) mikroračunara (PC) na kom se nalazi softverska aplikacija za prijem i skladištenje rezultata merenja.



Slika br.14. Digitalni goniometar

Merna konstrukcija je projektovana tako da prati pokrete noge ispitanika – sastoji se od dva kraka koji mogu da obuhvate natkoleni i potkoleni deo noge, kao i od zgloba konstrukcije u kojem se nalazi akcelerometarski merni pretvarač. Digitalni elektronski uređaj je pomoću kablovske veze povezan sa mernim pretvaračem, i osnovni element u uređaju je mikrokontroler. Mikrokontroler obavlja četiri glavne funkcije: 1) prihvata merne signale sa mernog pretvarača, 2) obrađuje primljene signale i pretvara ih u ugao u stepenima, 3) vrednost ugla šalje ka trocifrenom LED displeju, tako da operater može na ovom displeju da prati trenutno stanje na konstrukciji i 4) svakih 200 milisekundi šalje informacije o izmerenom uglu pomoću univerzalnog asinhronog serijskog protokola (UART - Universal asynchronous receiver/transmitter) ka mikroračunaru.

Digitalni elektronski uređaj je povezan sa mikroračunarom pomoću serijske RS232 veze. Digitalni elektronski uređaj se napaja standardnim mrežnim napajanjem, i u sebi ima transformator, ispravljačka i stabilizatorska elektronska kola, da bi obezbedio naponske nivoe neophodne za pravilan rad mernog pretvarača, mikrokontrolera i ostalih elektronskih kola u uređaju.

Softverska aplikacija prima podatke koje joj prosleđuje mikrokontroler, prikazuje ih u osnovnom prozoru aplikacije i skladišti ih u sopstvenu bazu podataka pri čemu su dva osnovna podatka vreme merenja (vremenska rezolucija je 200 milisekundi) i ugao u tom vremenu merenja.

Kompletan sistem je metrološki obrađen i ispitan u saradnji sa Laboratorijom za metrologiju, pri Katedri za električna merenja Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu.

Ispitanici su tokom ispitivanja bili u ležećem položaju na stomaku u prostoriji bez buke, opušteni, bez mogućnosti da vide svoje potkolenice kao i displej goniometra. Nakon što bi ispitivač iz položaja pune ekstenzije pasivno pozicionirao potkolenicu ispitanika, traženo je da je ispitanik zadrži snagom svojih mišića u tom položaju narednih 30 sekundi a potom spusti. Zadati položaj, koji je iznosio 35 stepeni fleksije, ispitanici je trebalo da ponovo zauzmu odmah nakon spuštanja. Ovakav protokol testiranja bio je prvo sproveden na zdravoj

nozi, potom na povređenoj a nakon 5' ponovo sproveden na obe noge ali ovaj put bez pasivnog ponavljanja zadatog ugla nego njegovim aktivnim postizanjem na osnovu sećanja.



Slika br.15. Položaj ispitanika pri testiranju propriocepcije

Ispitanici su bili operativno lečeni u cilju rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta „bone-tendo-bone“ tehnikomi potom rehabilitovani po Šelburnovom protokolu(290).

Kontrolno testiranje je obavljeno 6 do 8 meseci nakon operativne rekonstrukcije po povratku u punu sportsku aktivnost, po istom protokolu i istom aparaturom kao i inicijalno testiranje.

KLINIČKI PREGLED

Klinički pregled svakog pacijenta je podrazumevao proveru rezultata Lachman testa (pozitivan/negativan), Lysholm(291) i IKDC bodovne skale (292) za koleno i to preoperativno a potom i tokom postoperativnog kontrolnog pregleda. Po uzoru na mnoge sajtove renomiranih ortopedskih organizacija (<http://www.orthopaedicscore.com/>), napravljen je on-line upitnik na Google drive-u gde su u elektronskom obliku prikupljeni podaci za skale koje smo koristili. Dobijeni rezultati su za svaku skalu ponaosob potom prebacivani u Excel i dalje obrađivani adekvatnim statističkim alatima u adekvatnom programu.

METODOLOGIJA OBRADE PROPRIOCEPTIVNIH PODATAKA

Za modelovanje vrednosti vremenske serije procesa promene ugla fleksije potkolenice u odnosu na natkolenicu, primenjena je asimptotska dvoparameterska eksponencijalna funkcija sledećeg oblika:

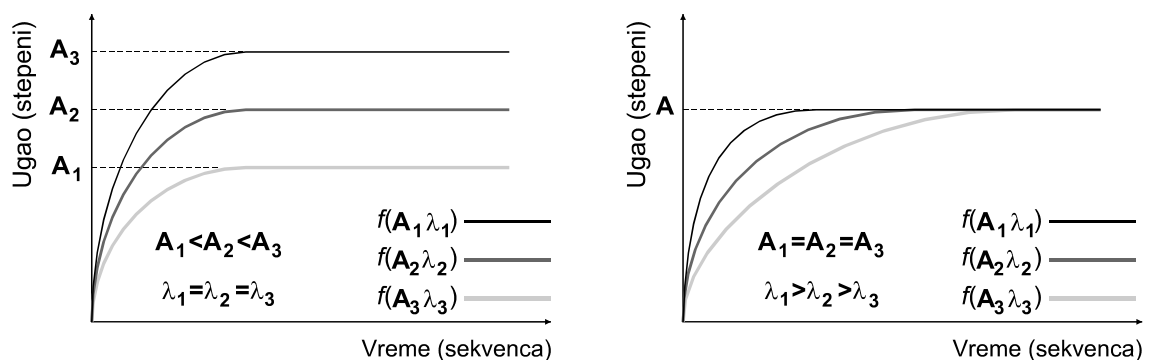
$$\alpha(t) = A(1 - e^{-\lambda t})$$

gde su:

- $\alpha(t)$ – ugao u funkciji vremenske sekvence
- A – asimptota procesa, predstavlja maksimalan ugao koji tokom jednog merenja ispitanik postiže, inicijalno (prethodnim postavljanjem noge u zadati ugao i pokušajem ponavljanja zadatog ugla) i bez inicijacije (pokušaj postizanja zadatog ugla posle intervalne pauze), prvi parametar,

- t – vremenska sekvenca mernog uređaja, u konkretnom slučaju jednaka 0,2 sekundi
- λ – intenzitet ugaonog uspona, drugi parametar,
- e – konstanta vrednosti 2,71828182459... (osnova prirodnog logaritma)

U zavisnosti od vrednosti parametara intenziteta ugaonog uspona i asimptota, izabrana funkcija može da poprими tok koji je prikazan na prvom grafikonu slike br 12.

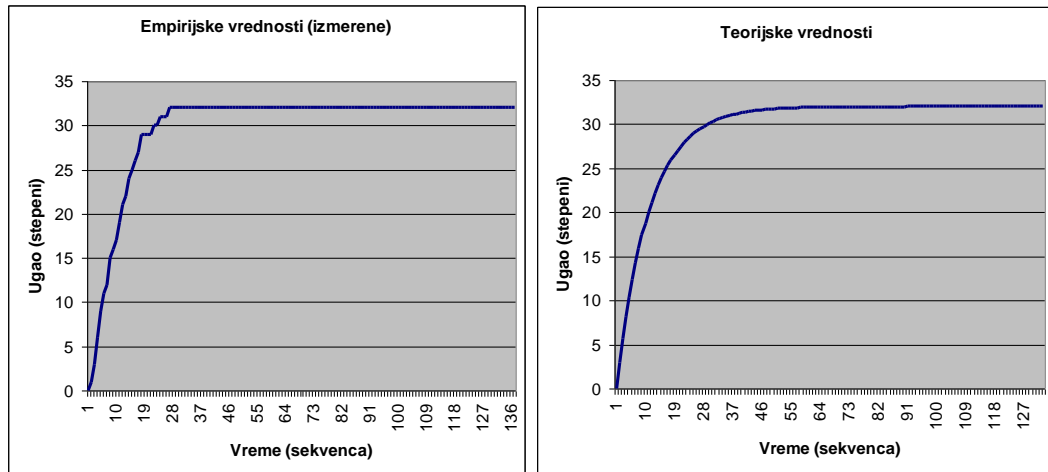


Slika br. 16. Asimptotska dvo-parametarska eksponencijalna funkcija

Na drugoj slici je prikazan jedan od primera empirijske vremenske serije i teorijska asimptotska dvoparametarska eksponencijalna funkcija kojom se pokušava opisati konkretna empirijska vremenska serija. Teorijska funkcija se određuje heurističkim izborom parametara intenziteta ugaonog uspona i asimptote, tj. izborom parametara λ i A , respektivno. Uslov za prihvatanje heuristički izabranih parametara jeste visok koeficijent linearne korelacije empirijskih i teorijskih vrednosti.

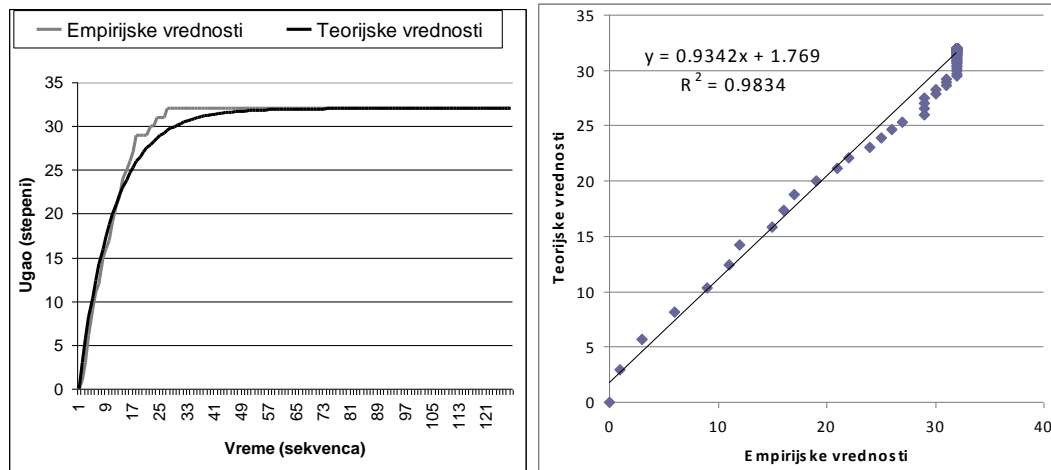
Intenzitet ugaonog uspona opisuje priraštaj ugla u vremenskoj sekvenci.

Ovaj parametar je određen vremenskim intervalom od početka uspona kojem se iz stanja mirovanja "potkolenice" pri vrednosti ugla "0" pa do trenutka postizanja inicijalno zadate, asimptotske vrednosti ugla. Intenzitet ugaonog uspona je neravnomeran, nelinearna funkcija vremena.



Slika br. 17. Empirijske vrednosti konkretnog primera i predložena teorijska Asimptotska dvoparameterska eksponencijalna funkcija za opis empirijske vremenske serije

Na narednoj slici je prikazana preliminarna saglasnost empirijskih i teorijskih vrednosti, kao i konkretan proračun njihove saglasnosti linearnom korelacijom. Heuristički izbor parametara se smatrao zadovoljavajućim kada se procesom pretrage postigne približno maksimalan koeficijent linearne korelacije uz uslov približno jedinične vrednosti koficijenta jednačine linearne regresije (≈ 1), i po mogućstvu anuliranjem vrednosti slobodnog člana iste jednačine (≈ 0).



Slika br. 18. Odnos empirijske i teorijske asimptotske dvoparametarske eksponencijalne funkcije i njihov korelacioni odnos

Osnovni statistički skup čini 60 ispitanika. Merenja intenziteta ugaonog uspona i asimptote mogu se sistematizovati po:

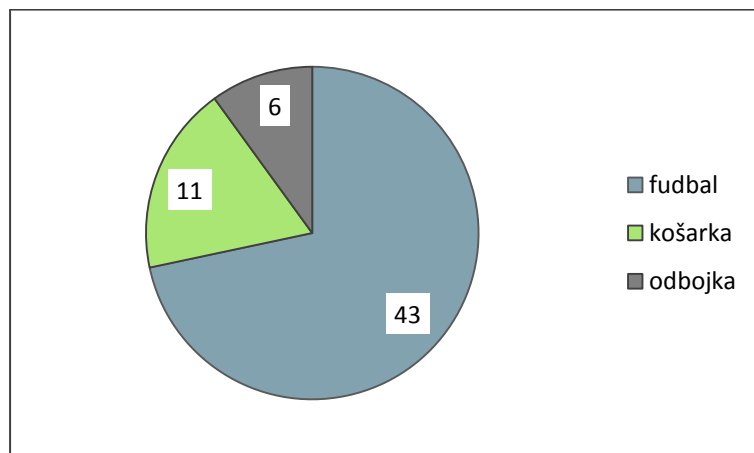
1. po sagitalnoj podeli tela na strane (desna/leva)
2. po zdravstveno stanju ekstremiteta (nepovređena/povređena)
3. po dominantnoj strani tela (dominantna/nedominantna)

Izmerene vrednosti i na osnovu njih dobijeni parametri intenziteta ugaonog uspona i asimptote, primarno su sistematizovani po sagitalnoj podeli tela na strane (desna/leva), zatim po zdravstveno stanju donjeg ekstremiteta (nepovređena/povređena noga).

4. REZULTATI

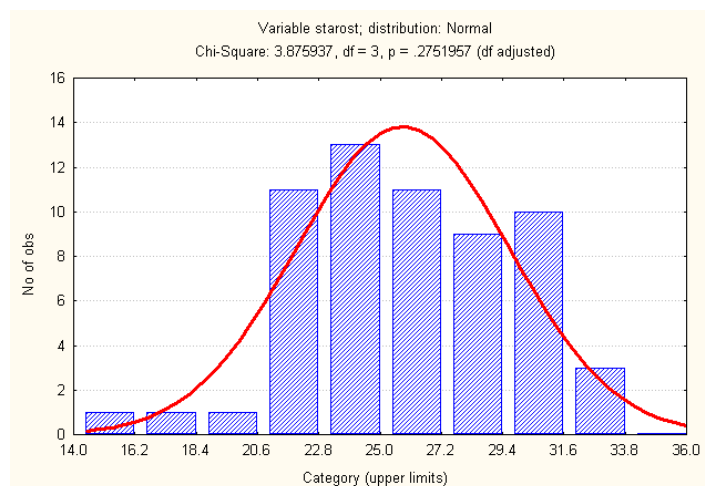
3.1. DEMOGRAFSKE KARAKTERISTIKE UZORKA

U ovom uzorku, u grupi koja se bavi fudbalom imali smo 43 ispitanika, u grupi sa košarkom 11 a u grupi koja se bavi odbojkom ukupno 6 ispitanika.



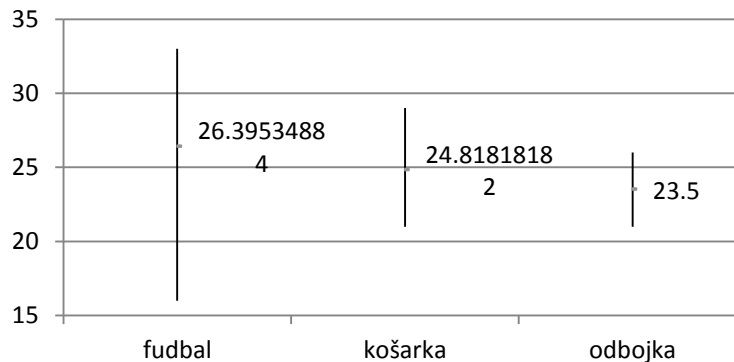
Grafikon br 1. Podela uzorka po vrsti sporta

Raspodela starosti u uzorku ima signifikantnu normalnu raspodelu ($p=0.2751$) sa parametrima $N(25.816; 3.811)$



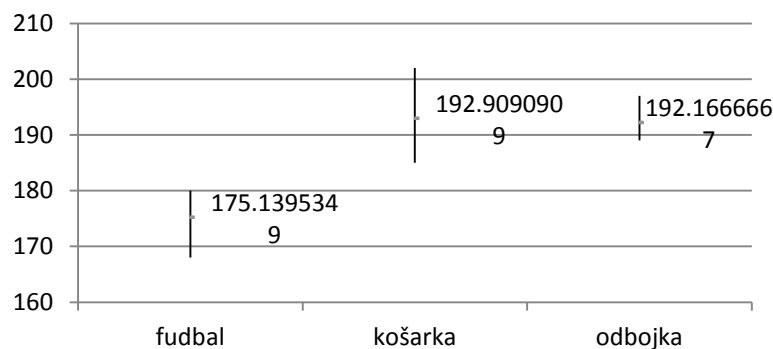
Slika br.19. Raspodela uzorka za parametar starost

Starost uzorka se kretala od 16 do 33 godine sa prosečnom vrednošću od 25.8 godina. Posečna starost u grupi fudbalera iznosila je 26.4 god, u grupi košarkaša 24,81god a u grupi odbojkaša 23,5 godina.



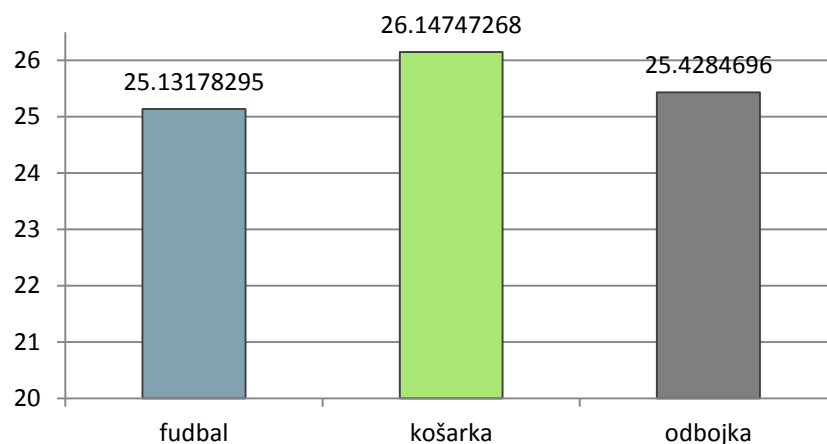
Grafikon br2. Prosečna starost uzorka po vrsti sporta

Visina ispitanika u ovom uzorku kretala se od 168cm do 202cm a prosečna vrednost celog uzorka iznosila je 175,14cm. Najviši su bili košarkaši sa prosečnom vrednošću od 192,91cm, a sledeći po visini su bili odbojkaši sa prosečnom visinom od 192,17cm a najniži su bili fudbaleri sa visinom od 175,14cm. Između srednje vrednosti visina fudbalera (175.14 cm) i košarkaša (192.91 cm) postoji signifikantna razlika ($p=0.00005<0.05$), između srednje vrednosti visina fudbalera (175.14 cm) i odbojkaša (192.17 cm) postoji signifikantna razlika ($p=0.00011<0.05$), a između srednje vrednosti visina košarkaša (192.91 cm) i odbojkaša (192.17 cm) ne postoji signifikantna razlika ($p=0.65061>0.05$),



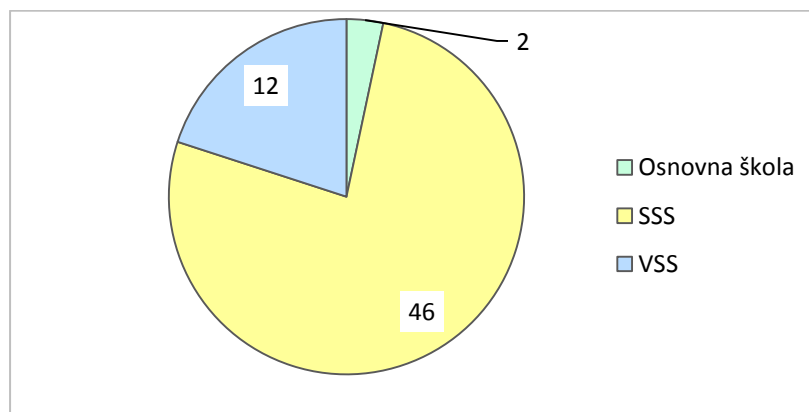
Grafikon br 3. Prosečna visina uzorka po vrsti sporta

Prosečna vrednost BMI za ceo uzorak je iznosio 25.38, dok je pri podeli uzorka u odnosu na parametar vrsta sporta uočljivo da su najmanji BMI imali fudbaleri, dok je on kod košarkaša bio najveći. Između srednje vrednosti BMI fudbalera (25.067) i košarkaša (26.147) postoji signifikantna razlika ($p=0.07855 < 0.05$), između srednje vrednosti BMI fudbalera (25.067) i odbojkaša (26.177) postoji signifikantna razlika ($p=0.08668 < 0.05$), a između srednje vrednosti BMI košarkaša (26.147) i odbojkaša (26.177) ne postoji signifikantna razlika ($p=0.96157 > 0.05$)



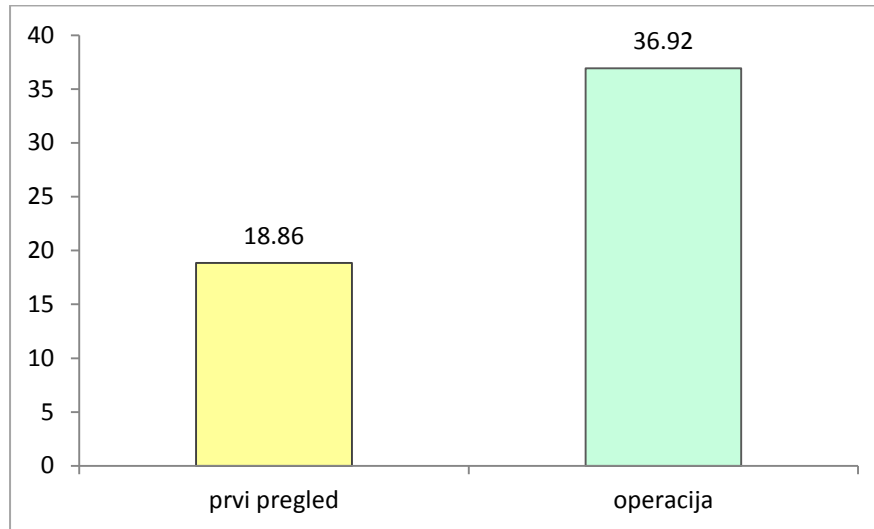
Grafikon br 4. Prosečna vrednost BMI po vrsti sporta

Uzorak je po parametru stručna sprema dosta uniforman jer je čak 46 ispitanika imalo završenu srednju školu, 12 fakultet a 2 ispitanika osnovnu školu.



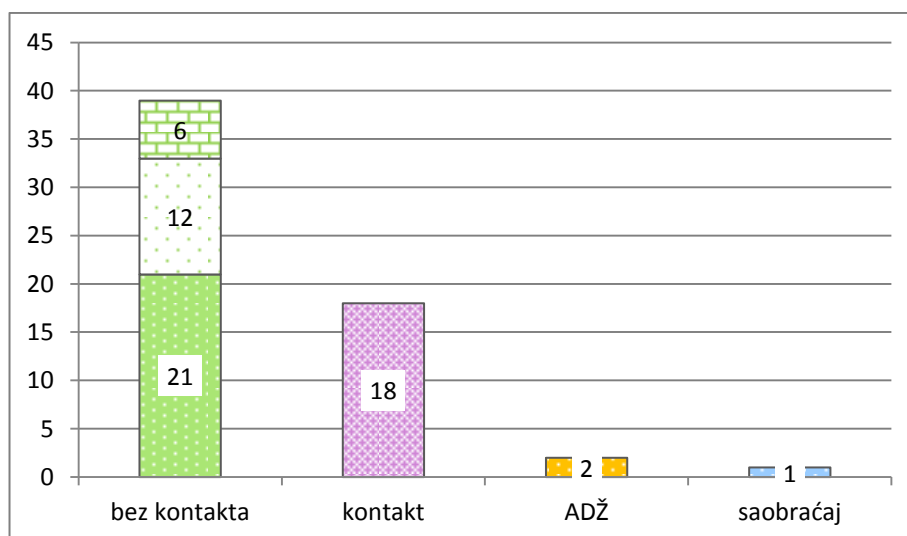
Grafikon br 5. Podela uzorka po stručnoj spremi

Ispitanici ovog uzorka su prvi put došli na pregled kod ortopeda nakon 18.86 nedelja (SD 19.85) a bili su u proseku operisani nakon 36.92 nedelje (SD 25.74)



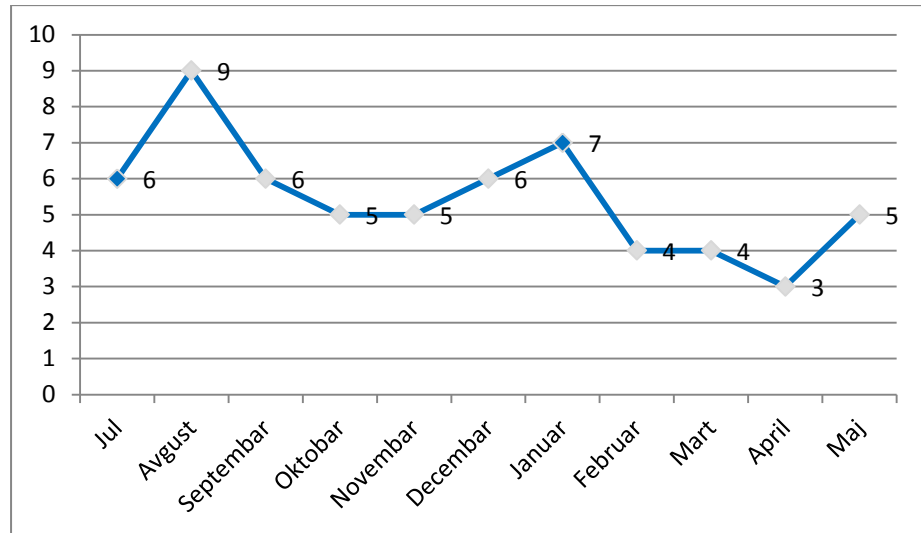
Grafikon br. 6. Vreme prvog pregleda i operativne rekonstrukcije u nedeljama nakon povrede

U ovoj grupi ispitanika kod njih 39 (65%) povreda je nastala bez kontakta (od čega se njih 21 povredilo prilikom doskoka, 12 pri promeni pravca a 6 pri pravolinijskom trčanju), 18 ispitanika se povredilo pri kontaktu sa drugim igračem, 2 ispitanika tokom ADŽ a 1 u saobraćajnoj nezgodi.



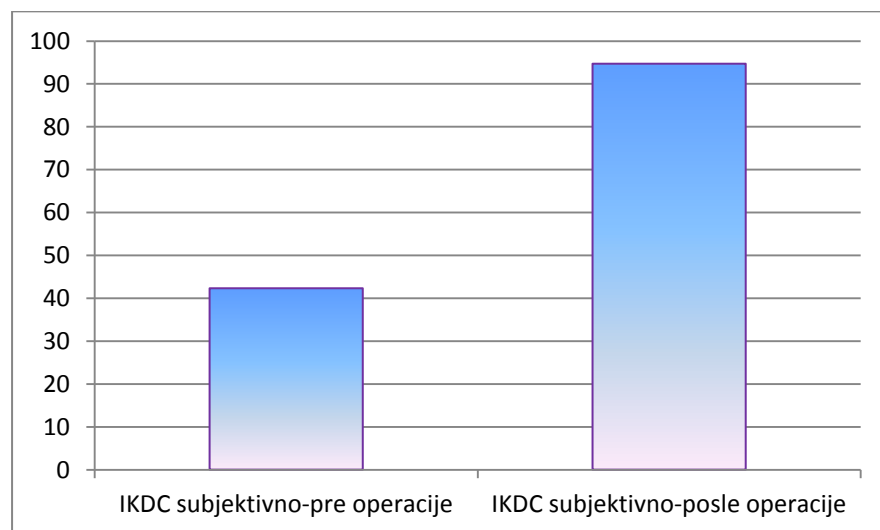
Grafikon br.7. Podela uzorka po mehanizmu nastanka povrede

Na Grafikonu br. 8 prikazana je sezonska preraspodela broja povreda u ovom uzorku.



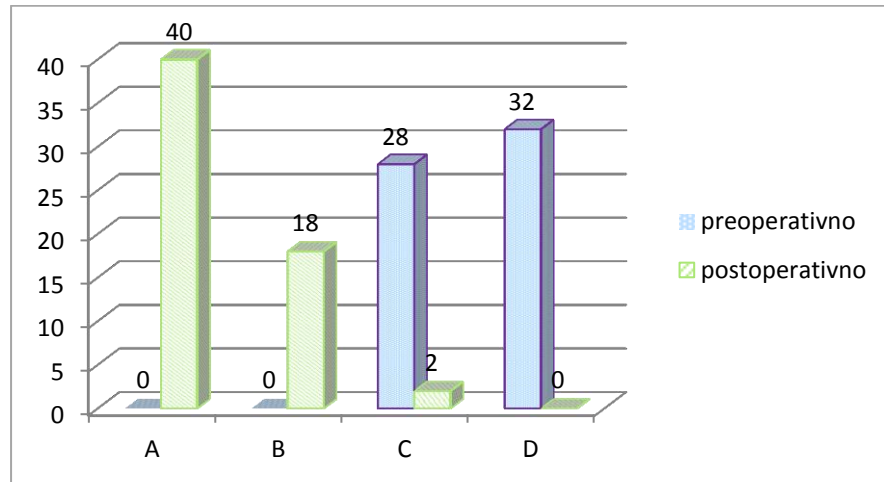
Grafikon br 8. Broj povreda u toku sezone

Promenljiva IKDC subjektivna procena kao faktor ima signifikantene razlike pre i posle operacije. Srednja vrednost pre operacije od 42.312 (standardna devijacija 9.081) je signifikantno manja od vrednosti promenljive posle operacije koja ima srednju vrednost od 94.695 (standardna devijacija 2.052). Prag značajnosti je $p=0,000117 < 0.05$.



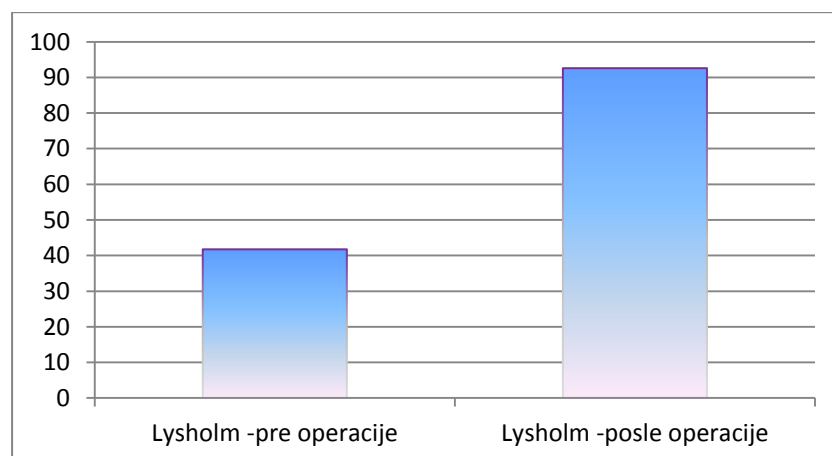
Grafikon br. 9. IKDC subjektivna procena, pre i posle operacije

Pri objektivnoj oceni IKDC dobijeno je da se preoperativno u grupi C nalazi 34 a u grupi D 26 ispitanika. Postoperativno je rezultat subjektivne procene IKDC bio takav da smo u grupi A imali 40, u grupi B 18 a u grupi C 2 ispitanika.



Grafikon br. 10. IKDC objektivna procena, pre i postoperativno

Promenljiva Lysholm skala kao faktor ima signifikantne razlike pre i posle operacije. Srednja vrednost pre operacije od 41.750 (standardna devijacija 11.545) je signifikantno manja od vrednosti promenljive posle operacije koja ima srednju vrednost od 92.591 (standardna devijacija 5.670). Prag značajnosti je $p=0,000112 < 0.05$



Grafikon br.11. Rezultati Lysholm score, pre i post operativno

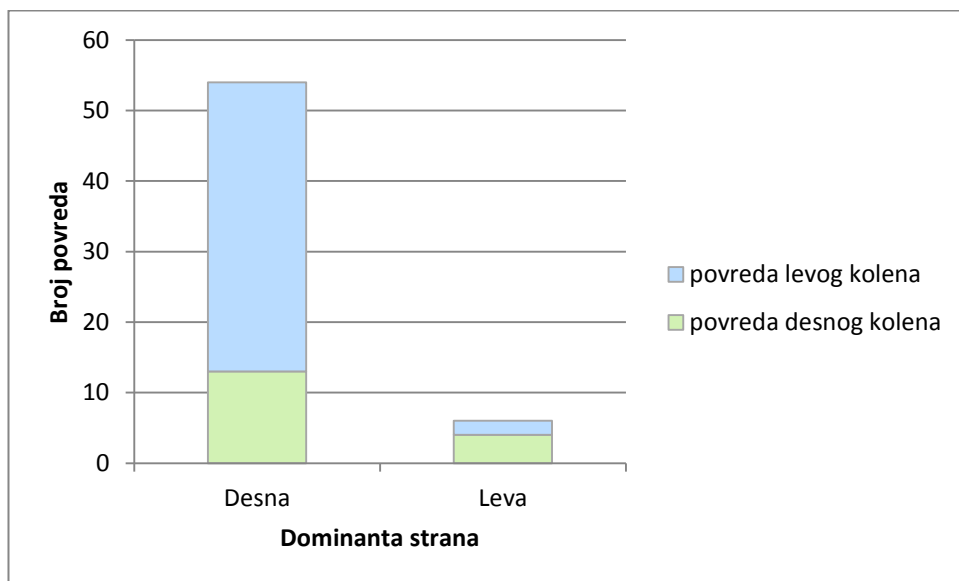
3.2. MERENJE PROPRIOCEPCIJE

Proprioceptivna obeležja uzorka

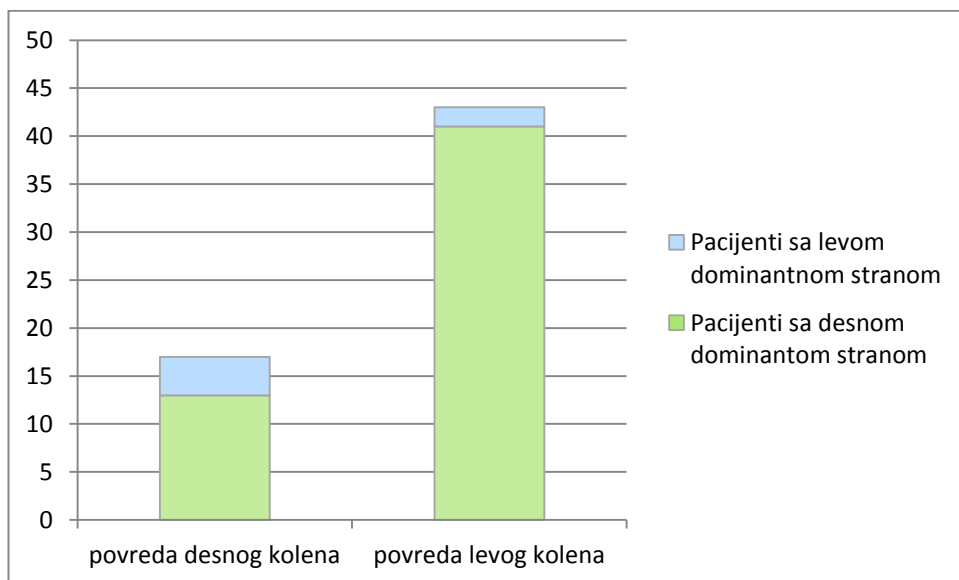
Od 60 pacijenata, 54 su desno dominantni, a 6 ispitanika je bilo sa dominantnom levom nogom. U skupu od 17 povređenih desnih, u 13 slučajeva je povređena dominantna desna, a u 4 slučaja je povređena nedominantna desna noga. U skupu od 43 povređenih levih, u 2 slučaja je povređena dominantna leva a 41 slučajeva je povređena nedominantna leva noga.

	Dominantna strana		Ukupan broj
	Desna	Leva	
Povreda desnog kolena	13	4	17
Povreda levog kolena	41	2	43
Broj povreda	54	6	60

Tabela br. 1. Podela uzorka po povredama u odnosu na dominantnu stranu tela



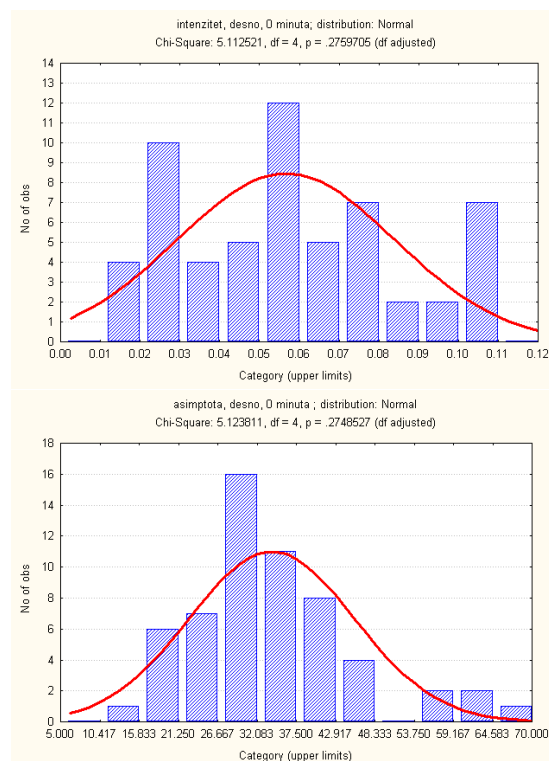
Grafikon br. 10. Zastupljenost povrede desnog ili levog kolena u odnosu na dominantnu stranu tela



Grafikon br.11. Zastupljenost povreda dominantne i nedominantne noge u odnosu na stranu tela

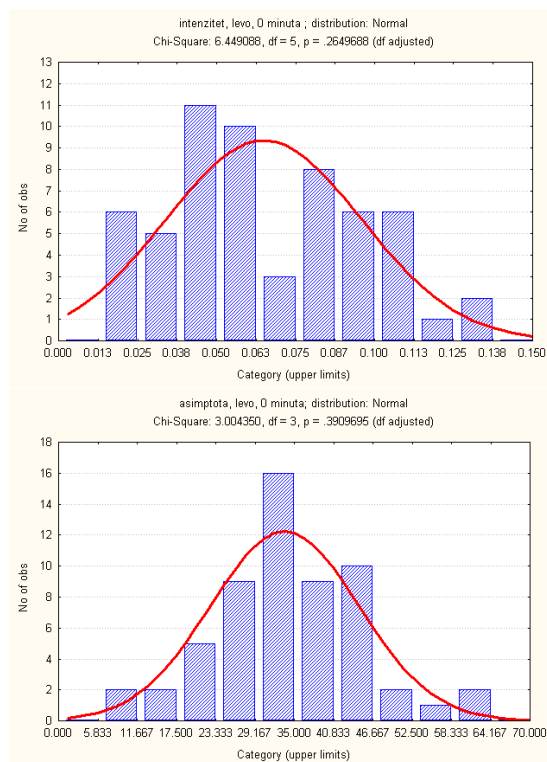
Analiza podataka za obeležja uzorka podela po sagitalnoj ravni (desna/leva) i po dominantnoj strani tela (desna/leva)

Raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote **desne noge na 0 minuta** imaju normalnu raspodelu. Parametri normalne raspodele intenziteta ugaonog uspona su $N(0.0566; 0.0273)$ sa pragom značajnosti $p=0.275 > 0.05$ ($\chi^2=5,11; df=4$), a asimptote $N(34.12; 11.39)$ sa pragom značajnosti $p=0.274$ ($\chi^2=5,12; df=4$).



Slika 15: χ^2 verifikacija normalnih raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote desne noge na 0 minuta merenja.

Raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote **leve noge na 0 minuta** imaju normalnu raspodelu. Parametri normalne raspodele intenziteta ugaonog uspona su $N(0.0649; 0.031)$, sa pragom značajnosti $p=0.264 > 0.05$ ($\chi^2=6.44$; $df=5$), a asimptote $N(33.56; 11.04)$, sa pragom značajnosti $p=0.390 > 0.05$ ($\chi^2=3.00$; $df=3$),



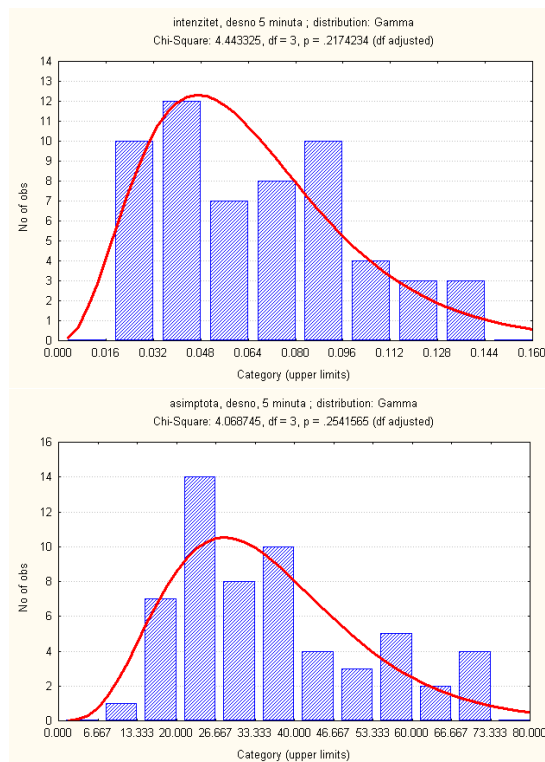
Slika 16: χ^2 verifikacija normalnih raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote leve noge na 0 minuta merenja.

Primenom t-testa, ustanovljeno je da je srednja vrednost intenziteta ugaonog uspona desne noge na 0 minuta merenja (0.056655) signifikantno niža od srednje vrednosti intenziteta ugaonog uspona leve noge na 0 minuta merenja (0.064966). Prag saglasnosti verifikacije hipoteze o jednakosti srednjih vrednosti se ne usvaja, zato što je $p=0.031384 < 0.05$. Razlike su signifikantne.

Primenom t-testa, ustanovljeno je da između srednje vrednosti asimptota desne noge na 0 minuta merenja (34.12) nema signifikantne razlike sa srednjom vrednosti asimptota leve noge na 0 minuta merenja (33.56). Prag saglasnosti verifikacije hipoteze o jednakosti srednjih vrednosti je $p=0.717081 < 0.05$.

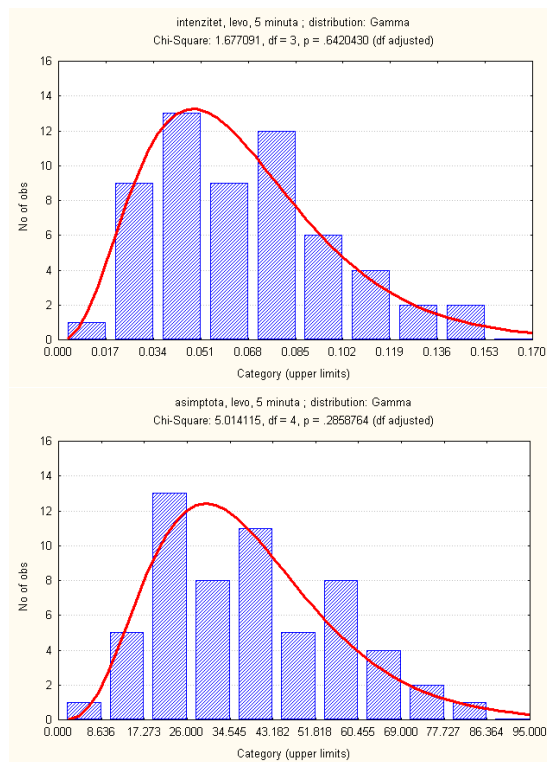
Analiza podataka vrednosti intenziteta ugaonog uspona i asimptota leve i desne noge na 5 minuta merenja (bez inicijacije), pokazuje sistemske promene. Dominantna raspodela kojoj se povinuju podaci za podelu na desnu i levu stranu tela, posle 5 minuta, je Gama raspodela. Sistemska promena od Normalne raspodele na 0 minuta merenja ka Gama raspodeli posle 5 minuta merenja je moguća posledica različitog lateralnog “memorijskog” kapaciteta pacijenata.

Raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote **desne noge na 5 minuta** imaju Gama raspodelu. Parametri Gama raspodele intenziteta ugaonog uspona su $\Gamma(0.0650; 0.0331)$ sa pragom značajnosti $p=0.217>0.05$ ($\chi^2=4.44$; $df=3$), a asimptote $\Gamma(35.482; 16.439)$ sa pragom značajnosti $p=0.254>0.05$ ($\chi^2=4.06$; $df=3$),



Slika br.17. χ^2 verifikacija Gama raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote desne noge na 5 minuta merenja.

Raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote **leve nogena 5 minuta** imaju Gama raspodelu. Parametri Gama raspodele intenziteta ugaonog uspona su $\Gamma(0.0653; 0.0325)$ sa pragom značajnosti $p=0.642 > 0.05$ ($\chi^2=1.67$; $df=3$), a asimptote $\Gamma(38.000; 17.423)$ sa pragom značajnosti $p=0.285 > 0.05$ ($\chi^2=5.01$; $df=4$).



Slika br.18. χ^2 verifikacija Gama raspodela intenziteta ugaonog uspona i asimptote leve noge na 5 minuta merenja.

Primenom t-testa, ustanovljeno je da između srednje vrednosti intenziteta ugaonog uspona desne noge na 5 minuta merenja (0.0650) nema signifikantne razlike sa srednjom vrednosti intenziteta ugaonog uspona leve noge na 5 minuta merenja (0.0653). Prag saglasnosti verifikacije hipoteze o jednakosti srednjih vrednosti je $p=0.947027 < 0.05$.

Primenom t-testa, ustanovljeno je da između srednje vrednosti asimptota desne noge na 5 minuta merenja (35.482) nema signifikantne razlike sa srednjom vrednosti asimptota leve noge na 5 minuta merenja (38.000). Prag saglasnosti verifikacije hipoteze o jednakosti srednjih vrednosti je $p=0.221933 < 0.05$.

Signifikantna razlika između intenziteta ugaonog uspona na 0 minuta merenja posle 5 minuta merenja se sistemski promenila (od normalne ka Gama raspodeli), bez signifikantnih razlika. Između vrednosti asimptota nije bilo razlike na 0 i na 5 minuta merenja.

Analiza istih lateralnih obeležja (desna/leva noga) u različitim terminima merenja, pokazuju da je tokom 5 minuta, pored sistemskih promena (od normalne ka gama raspodeli) doslo do signifikantnih promena samo za srednje vrednosti asimptote leve noge.

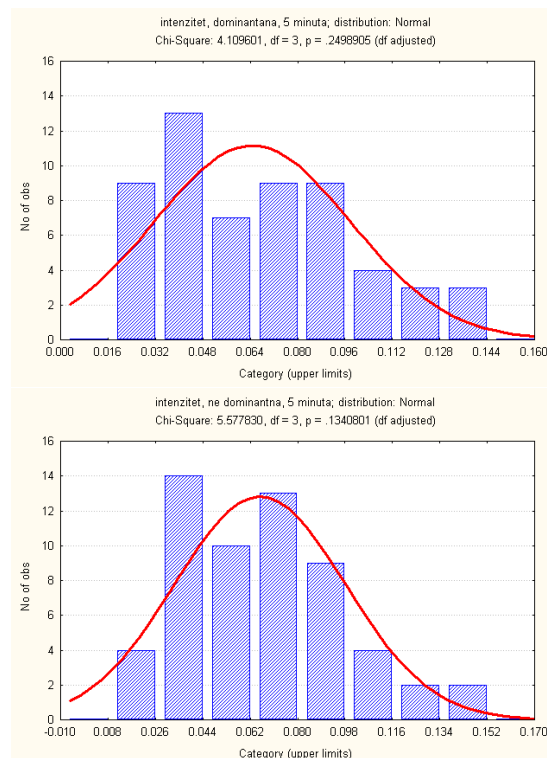
	0 minuta	5 minuta	t-test ($p > 0.05$)
Intenzitet ugaonog uspona desne noge	0.056655	0.065052	$p=0.057 > 0.05$
Asimptota desne noge	34.12069	35.48276	$p=0.458 > 0.05$
Intenzitet ugaonog uspona leve noge	0.064966	0.065362	$p=0.911 > 0.05$
Asimptota leve noge	33.56897	38.00000	$p=0.021 < 0.05$

Tabela br.2. T-testovi lateralnih obeležja (desna/leva noga) u različitim terminima merenja

Navedeni rezultati ističu da pacijenti različito reaguju na inicijaciju i termine merenja, ali da je njihova ukupna rezultanta uslovno stabilna. Lateralno obeležje (desna/leva noga) se ne može prihvatiti kao faktor koji ističe razlike, zbog velike disproporcije statusa povređene leve noge (43/58) naspram broja povređenih desnih nogu (17/48), tako da se lateralni faktor (desno/levo) može "maskirati" nepovoljnim statusom, posebno podskupa povređenih levih nogu.

Obeležje dominantne i nedominantne noge je slično lateralnim obeležjima zbog disproporcije učesća dominacije ulateralnim obeležjima: od 60 ispitanika, 54 su desno dominantni, a 6 slučajeva je dominantna leva noga.

Ipak, primećene su razlike, pre svega posle 5 minuta merenja. Intenziteti ugaonog uspona su Normalno raspodeljeni (lateralna obeležja su bila raspodeljeno Gama raspodelom).



Slika br.19. χ^2 verifikacija normalnih raspodela intenziteta ugaonog uspona dominantne i nedominantne noge na 5 minuta merenja

Ustanovljene su jošledeće razlike: lateralna obeležja(desna /leva noga) su imala razliku u intenzitetu ugaonog uspona (leva noga je postizala signifikantno veći intenzitet ugaonog uspona), dok između dominantne i nedominantne noge na 0 minuta sa inicijacijom ova razlika ne postoji.

	dominantna	nedominantna	t-test (p>0.05)
Intenzitet ugaonog uspona 0 minuta	0.055948	0.065672	p=0.011<0.05
Asimptota 0 minuta	34.67241	33.01724	p=0.274>0.05
Intenzitet ugaonog uspona 5 minuta	0.064707	0.065707	p=0.830>0.05
Asimptota 5 minuta	35.55172	37.93103	p=0.248>0.05

Tabela br.3.T-testovi dominantnih obeležja u istim terminima

Lateralna obeležja nisu imala razliku u intenzitetu ugaonog uspona posle 5 minuta merenja, dok nedominantna noga postiže signifikantno brži ugaoni uspon. Takođe, nedominantna noga isto kao i leva noga kod lateralnog obeležja, postiže signifikantno veću vrednost asimptote.

	0 minuta	5 minuta	t-test (p>0.05)
Intenzitet ugaonog uspona dominantne noge	0.055948	0.064707	p=0.044<0.05
Asimptota dominantne noge	34.67241	35.55172	p=0.633>0.05
Intenzitet ugaonog uspona nedominantne noge	0.065672	0.065707	p=0.992>0.05
Asimptota nedominantne noge	33.01724	37.93103	p=0.010<0.05

Tabela br. 4. t-testovi dominantnih obeležja u razlicitim terminima merenja

Kao i kod lateralnog obeležja, zbog velikog učešća podskupa nedominantnih u skupu povređenih, ne može se izvesti relevantan zaključak.

Analiza podataka za uticaj obeležja statusa (zdrava/povređena)

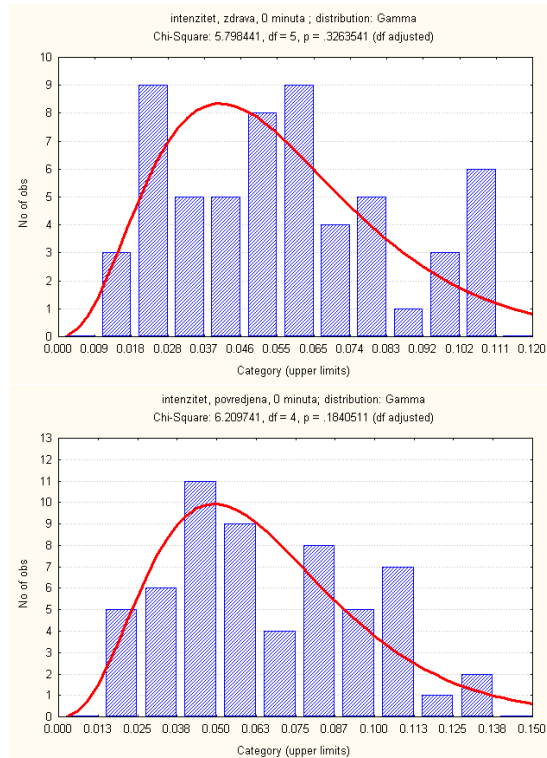
Pri organizaciji podataka po obeležju zdrava/povređena, ustanovljeni su sledeći parametri matematičkoga očekivanja i standardne devijacije intenziteta ugaonog uspona i asimptota:

	matematičko očekivanje	standardna devijacija
Intenzitet ugaonog uspona zdrave noge, 0 minuta	0.057776	0.026822
Asimptota zdrave noge, 0 minuta	32.91379	10.62649
Intenzitet ugaonog uspona povređene noge, 0 minuta	0.063845	0.031707
Asimptota povređene noge, 0 minuta	34.77586	11.72049
Intenzitet ugaonog uspona zdrave noge, 5 minuta	0.061724	0.032558
Asimptota zdrave noge, 5 minuta	36.06897	15.73337
Intenzitet ugaonog uspona povređene noge, 5 minuta	0.068690	0.032759
Asimptota povređene noge, 5 minuta	37.41379	18.12726

Tabela br. 5. Parametri matematičkoga očekivanja i standardne devijacije po obeležju zdrava/povređena noga

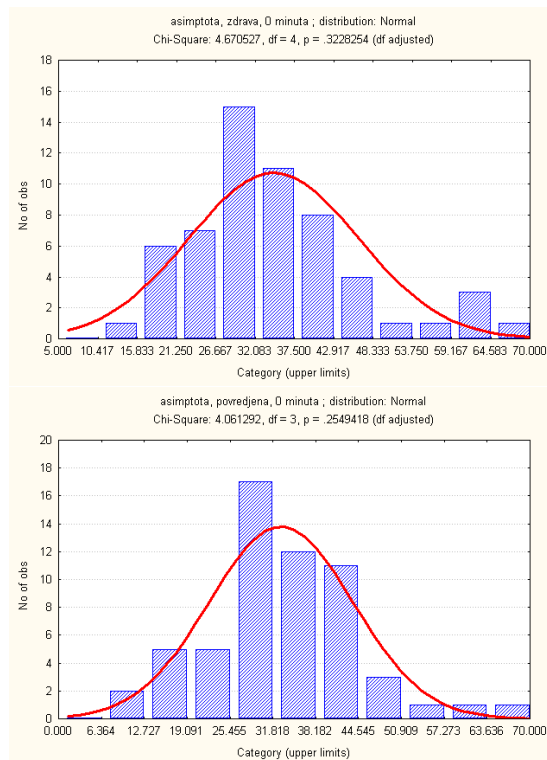
Pri tome, ustanovljene su velike sistemske promene u neparametarskom obeležju, tj. tipu raspodele kojima se povinuju podaci intenziteta ugaonog uspona i asimptota na 0 i 5 minuta merenja.

Intenzitet ugaonog uspona na 0 minuta merenja za zdravu i povređenu nogu se najvećomsaglasnošću povinuje Gama raspodeli. Prag značajnosti za zdravu nogu je $p=0.326>0.05$ ($\chi^2=5,79$; $df=5$), a za povređenu nogu je $p=0.184>0.05$ ($\chi^2=6,20$; $df=4$).



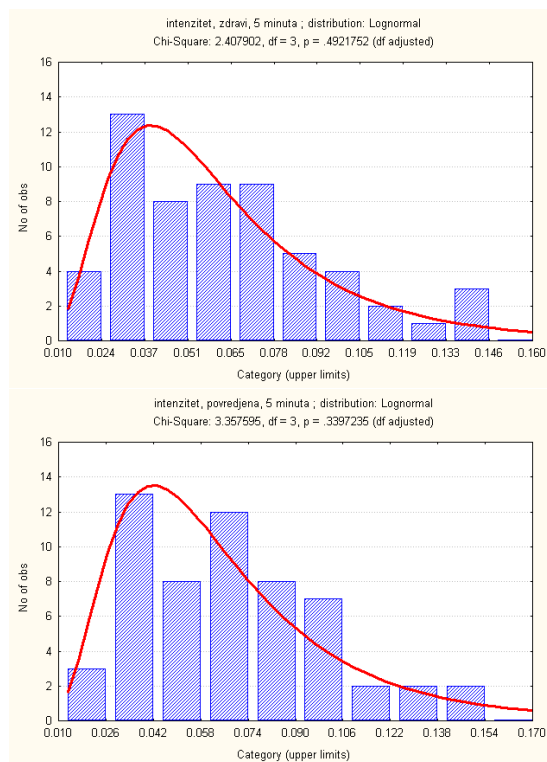
Slika br. 20. χ^2 verifikacija Gama raspodela intenziteta ugaonog uspona zdrave i povređene noge na 0 minuta merenja.

Asimptota na 0 minuta merenja za zdravu i povređenu nogu se najvećomsaglasnošću povinuje normalnoj raspodeli, što je saglasno verifikacijama hipoteza raspodela asimptota po lateralnom i dominantnom obeležju. Prag značajnosti za zdravu nogu je $p=0.322 > 0.05$ ($\chi^2=4.67$; $df=4$), a za povređenu nogu je $p=0.254 > 0.05$ ($\chi^2=4.06$; $df=3$).



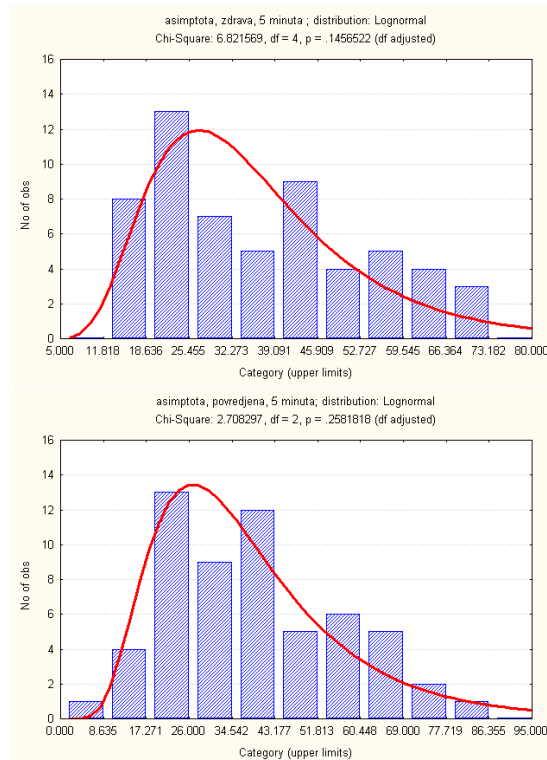
Slika br.21. χ^2 verifikacija normalnih raspodela asimptota zdrave i povređene noge na 0 minuta merenja.

Međutim, nakon 5 minuta merenja je došlo do izuzetnih sistemskih promena. Intenzitet ugaonog uspona na 5 minuta merenja za zdravu i povređenu nogu se najvećomsaglasnošću povinuje log-normalnoj raspodeli. Prag značajnosti za zdravu nogu je $p=0.492 > 0.05$ ($\chi^2=2.40$; $df=3$), a za povređenu nogu je $p=0.339 > 0.05$ ($\chi^2=3.35$; $df=3$).



Slika br. 21. χ^2 verifikacija log-normalnih raspodela intenziteta ugaonog uspona zdrave i povređene noge na 5 minuta merenja.

Takođe, u slučaju asimptote, na 5 minuta merenja za zdravu i povređenu nogu, izmereni podaci se najvećomsaglasnošću povinuju log-normalnoj raspodeli. Prag značajnosti za zdravu nogu je $p=0.145 > 0.05$ ($\chi^2=6.82$; $df=4$), a za povređenu nogu je $p=0.258 > 0.05$ ($\chi^2=2.70$; $df=2$).



Slika br. 22. χ^2 verifikacija log-normalnih raspodela asimptota zdrave i povređene noge na 5 minuta merenja.

Kako je na ukupnom uzorku došlo do značajnih sistemskih promena u neparametarskim obeležjima (intenzitet ugaonog uspona sa Gama na Log-normalnu, a asimptote sa Normalne na Log-normalnu), i kako je povreda artefician/mehanički/izvedeni fenomen (ne kao lateralno i dominantno obeležje – prirodan fenomen), mora se apriori usvojiti hipoteza o značajnim – sistemskim razlikama koje egzistiraju u obeležju zdrave i povređene noge.

Ovaj prilaz ne vrši deskripciju kvantitativnog obima razlika između zdrave i povređene noge. Ovo je kvalitativna deskripcija, i kao što je navedeno, ona se mora statistički usvojiti apriori.

Osnovni zaključci o mernom sistemu

Zbirni pregled podataka srednjih vrednosti intenziteta ugaonog uspona i asimptota po lateralnom obeležju, po dominaciji i statusu prikazan je u sledećoj tabeli.

0 minuta				5 minuta			
INT	ASI	INT	ASI	INT	ASI	INT	ASI
Desna		Leva		Desna		Leva	
0.057	34	0.065	34	0.065	35	0.065	38
Dominantna		Nedominantna		Dominantna		Nedominantna	
0.056	35	0.066	33	0.065	36	0.066	38
Zdrava		Povređena		Zdrava		Povređena	
0.058	33	0.064	35	0.062	36	0.069	37

Tabela br.6. Zbirni podaci

Intenzitet ugaonog uspona između desne i leve noge na 0 minuta ima potvrđene signifikantne razlike (vrednosti 0.057 i 0.065) dok se nakon 5 minuta, ova razlika eliminiše i intenziteti ugaonog uspona leve i desne noge postaju identični.

Intenzitet ugaonog uspona između dominantne i nedominantne noge na 0 minuta ima potvrđene signifikantne razlike (vrednosti 0.056 i 0.066) dok se nakon 5 minuta, ova razlika eliminiše i intenziteti ugaonog uspona leve i desne noge postaju skoro identični (razlika 0.01).

Međutim, kod zdrave i povređene noge na 0 minuta merenja, postoji razlika koja je pre svega kvalitativna, a za vrednost +0.06 (preko 10%) povređena noga ima veći intenzitet ugaonog uspona. Dok se kod lateralnosti (desna /leva noga) i dominantnosti ova razlika izgubila na 5 minuta, kod statusa zdrave i povređene se jedino održala, i to sa vrednošću od +0.07 (preko 10%) u korist bržeg ugaonog uspona povređene noge.

Kod vrednosti asimptota, može se usvojiti da pacijenti vrlo dobro ponavljaju zadatu ugaonu vrednost od 35° . Signifikantno je potvrđeno da postoje razlike između vrednosti lateralnog obeležja nakon 5 minuta i dominantnog obeležja nakon 5 minuta. Uticaj statusa zdrave i povredene noge ima kvalitativan uticaj, ali je kvantitativna razlika daleko manja nego kod lateralnog i dominantnog obeležja.

Analiza uticaja rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta na promene izabranih parametara praćenja uzorka

Zbog velikih razlika u neparametarskim karakteristikama skupova (prisutvo normalne, Gama i log-normalne raspodele vrednosti intenziteta ugaonog uspona i asimptota) na odabranim obeležjima, osnova analize je zasnovana na uticaju operativnog lečenja na varijansu skupova. Podskup ispitanika sa kontrolnim merenjem nije se ni po jednoj raspodeli, niti vrednostima matematičkih očekivanja i standardne devijacije statistički značajno razlikovao od osnovnog skupa.

	Pre rekonstrukcije				Posle rekonstrukcije			
	na 00 minuta		na 05 minuta		na 00 minuta		na 05 minuta	
	Desna	Leva	Desna	Leva	Desna	Leva	Desna	Leva
μ	34.681	30.818	34.363	38.681	38.272	36.681	40.5909	38.954
σ	12.770	11.733	16.087	17.820	11.015	9.052	12.7004	14.492
	Domin.	Nedom.	Domin.	Nedom.	Domin.	Nedom.	Domin.	Nedom.
μ	35.182	29.818	35.273	37.773	37.227	37.727	39.909	39.636
σ	13.179	13.461	15.260	18.708	8.750	11.310	12.713	14.529
	Zdrava	Povre.	Zdrava	Povre.	Zdrava	Povre.	Zdrava	Povre.
μ	32.000	33.500	38.409	34.636	37.727	37.227	37.500	42.045
σ	12.954	11.815	17.525	16.480	8.972	11.135	12.324	14.493

Tabela br.7.Vrednosti matematičkog očekivanja i standardne devijacije intenziteta ugaonog uspona po navedenim obeležjima, pacijenti pre i posle operativnog tretmana

	Pre rekonstrukcije				Posle rekonstrukcije			
	na 00 minuta		na 05 minuta		na 00 minuta		na 05 minuta	
	Desna	Leva	Desna	Leva	Desna	Leva	Desna	Leva
μ	0.0550	0.0590	0.0676	0.0528	0.0440	0.0455	0.0568	0.0618
σ	0.0238	0.0266	0.0324	0.0243	0.0190	0.0212	0.0242	0.0239
	Domin.	Nedom.	Domin.	Nedom.	Domin.	Nedom.	Domin.	Nedom.
μ	0.0560	0.0569	0.0673	0.0531	0.0447	0.0448	0.0567	0.0606
σ	0.0255	0.0237	0.0339	0.0225	0.0211	0.0192	0.0248	0.0228
	Zdrava	Povre.	Zdrava	Povre.	Zdrava	Povre.	Zdrava	Povre.
μ	0.0548	0.0591	0.0617	0.0587	0.0464	0.0431	0.0594	0.0580
σ	0.0233	0.0270	0.0333	0.0254	0.0181	0.0219	0.0229	0.0249

Tabela br.8. Vrednosti matematičkog očekivanja i standardne devijacije asimptota po navedenim obeležjima, pacijenti pre i posle operativnog tretmana

Na osnovu analize varijanse ustanovljeno je da:

- između desne noge pre rekonstrukcije ligamenta 0' (inicijalno) i desne noge posle lečenja na 0' merenja (inicijalno) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=2.866195** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona desne noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta desne noge 0' inicijalno na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **p=0.097865>0.05**.
- između leve noge pre rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) i leve noge posle lečenja na 0' merenja (inicijalno) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=3.446180** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona leve noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta leve noge 0' inicijalno na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **p=0.070422>0.05**.
- između desne noge nakon 5' (od inicijacije) i desne noge posle lečenja nakon 5' (od inicijacije) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=1.907454** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona desne noge 5' od inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta na desnu nogu 5' od inicijacije na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **p=0.174551>0.05**.
- između leve noge pre rekonstrukcije ligamentanakon 5' (od inicijacije) i leve noge posle lečenja nakon 5' (od inicijacije) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=1.507668** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona leve noge 5' nakon inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta na levu nogu 5' nakon inicijacije na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **p=0.226332>0.05**.

Faktor rekonstrukcijeligamenta desne ili leve noge nema signifikantan uticaj na intenzitet ugaonog uspona.

Na osnovu analize varijanse ustanovljeno je da:

- između desne noge pre rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) i desne noge posle rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=0.997352** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota desne noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta desne noge 0' inicijalno na vrednosti asimptota. Nivo signifikantnosti je **p=0.323671>0.05**.
- između leve noge pre rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) i leve noge posle rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=3.444153** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota leve noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta leve noge 0' inicijalno na vrednosti asimptota. Nivo signifikantnosti je **p=0.070502>0.05**.
- između desne noge pre rekonstrukcije ligamentanakon 5' (od inicijacije) i desne noge posle rekonstrukcije ligamenta nakon 5' (od inicijacije) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=2.030722** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota desne noge 5' od inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta na desnu nogu 5' od inicijacije na vrednosti asimptota. Nivo signifikantnosti je **p=0.161537>0.05**.
- između leve noge pre lečenja nakon 5' (od inicijacije) i leve noge posle rekonstrukcije ligamenta nakon 5' (od inicijacije) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=0.003101** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota leve noge 5' nakon inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta na levu nogu 5' nakon inicijacije na vrednost asimptote. Nivo signifikantnosti je **p=0.955852>0.05**.

Faktor rekonstrukcije ligamenta desne ili leve noge nema signifikantan uticaj na asimptote.

Analiza uticajafaktora rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta dominantne i nedominantne noge na praćene parametre

Na osnovu analize varijanse ustanovljeno je da:

- između dominantne noge pre rekonstrukcije ligamenta 0' (inicijalno) i dominantne noge posle lećenja na 0' merenja (inicijalno) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=2.555679** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona dominantne noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta dominantne noge na intenzitet ugaonog uspona pri merenju na 0'. Nivo signifikantnosti je **p=0.117396>0.05**.
- između nedominantne noge pre rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) i nedominantne noge posle lećenja na 0' merenja (inicijalno) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=3.468480** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona nedominantne noge mereno inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamentanedominantne noge mereno na 0' inicijalno na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **p=0.069554>0.05**.
- između dominantne noge mereno nakon 5' (od inicijacije) i dominantne noge posle lećenjamereno nakon 5' (od inicijacije) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=1.400306** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona dominantne noge na 5' od inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta na dominantnu nogu 5' od inicijacije na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **p=0.243327>0.05**.
- između nedominantne noge mereno nakon 5' (od inicijacije) i nedominantne noge posle lećenjamereno nakon 5' (od inicijacije) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=2.704475** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog

uspona nedominantne noge 5' nakon inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamentanedominantne noge mereno 5' nakon inicijacije na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je $p=0.107532>0.05$.

Faktor rekonstrukcije ligamenta dominantne i nedominantne noge nema signifikantan uticaj na intenzitet ugaonog uspona.

Na osnovu analize varijanse ustanovljeno je da

- između dominantne noge pre rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) i dominantne noge posle rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost $F=0.367822$ potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota dominantne noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta dominantne noge 0' inicijalno na vrednosti asimptota. Nivo signifikantnosti je $p=0.547458>0.05$.

- između nedominantne noge pre rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) i nedominantne noge posle rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) za vrednosti asimptota postoje signifikantne razlike. Vrednost $F=4.451854$ potvrđuje hipotezu o različitosti skupova vrednosti asimptota ne-dominantne noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se ističe uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta nedominantne noge 0' inicijalno na vrednosti asimptota. Nivo signifikantnosti je $p=0.030862<0.05$.

Nedominantna noge pre rekonstrukcije ligamenta na 0' (inicijacija) ima srednju vrednost asimptote 29.18° , što je za 5.82° manje od inicijacije 35.00° . Signifikanost saglasnosti srednje vrednosti skupa vrednosti asimptote nedominantne noge pre rekonstrukcije ligamenta (29.18°) sa inicijalnom vrednosti (35.00°) iznosi $p=0.0391<0.05$. Srednja vrednost skupa vrednosti asimptota nedominantne noge po inicijaciji pre rekonstrukcije ligamenta je signifikantno manja od inicijalne vrednosti, tj.

nedominantna noga pre rekonstrukcije ligamenta značajno podbacuje u odnosu na inicijalnu asimptotu.

Nedominantna noge posle rekonstrukcije ligamenta na 0' (inicijacija) ima veću srednju vrednost asimptote 37.72° , što je za 2.72° veće od inicijacije 35.00° . Signifikantnost saglasnosti srednje vrednosti skupa vrednosti asimptote nedominantne noge posle rekonstrukcije ligamenta (37.72°) sa inicijalnom vrednosti (35.00°) iznosi **$p=0.1329>0.05$** . Srednja vrednost skupa vrednosti asimptota nedominantne noge posle rekonstrukcije ligamenta se ne razlikuje signifikantno od inicijalne vrednosti, a odstupanja su slučajna.

Ukupno zaključujemo da: nedominantna noga pre rekonstrukcije ligamenta signifikantno podbacuje u odnosu na inicijalnu asimptotu. Posle rekonstrukcije ligamenta stanje se normalizuje.

- između dominantne noge pre lečenja nakon 5' (od inicijacije) i dominantne noge posle rekonstrukcije ligamenta nakon 5' (od inicijacije) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **$F=1.198802$** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota dominantne noge 5' od inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta dominantne noge 5' od inicijacije na vrednosti asimptota. Nivo signifikantnosti je **$p=0.279801>0.05$** .
- između nedominantne noge pre lečenja nakon 5' (od inicijacije) i nedominantne noge posle rekonstrukcije ligamenta nakon 5' (od inicijacije) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **$F=0.136179$** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota nedominantne noge 5' nakon inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamentanedominantne nogu 5' nakon inicijacije na vrednost asimptote. Nivo signifikantnosti je **$p=0.713963>0.05$** .

Faktor rekonstrukcije ligamenta dominantne i nedominantne noge ima signifikantan uticaj na vrednost asimptote u slučaju nedominantne noge, inicijalno.

Analiza uticaja faktora rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta povredene noge i promene vrednosti praćenih parametara zdrave noge

Na osnovu analize varijanse ustanovljeno je da:

- između zdrave noge pre rekonstrukcije ligamenta povredene noge na 0' merenja (inicijalno) i zdrave noge posle rekonstrukcije ligamenta povredene noge na 0' merenja (inicijalno) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=1.804919** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona zdrave noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta na vrednosti intenziteta ugaonog uspona na 0' merenja zdrave noge. Nivo signifikantnosti je **p=0.186333>0.05**.
- **između povredene noge** pre rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) i povredene noge posle rekonstrukcije ligamenta na 0' merenja (inicijalno) za vrednost intenziteta ugaonog uspona postoje signifikantne razlike. Vrednost **F=4.663789** potvrđuje hipotezu o različitosti skupova intenziteta ugaonog uspona povredene noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se ističe uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta povredene noge 0' inicijalno na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **p=0.036562<0.05**.
Intenzitet ugaonog uspona povredene noge pre rekonstrukcije ligamenta inicijalno jednak je $\lambda=0.0591^\circ/\text{sekv}$. a nakon rekonstrukcije ligamenta $\lambda=0.0431^\circ/\text{sekv}$. Ova razlika je signifikantna. Intenzitet ugaonog uspona povredene noge pre rekonstrukcije ligamenta inicijalno je za **27.07%** veći intenziteta ugaonog uspona povredene noge posle rekonstrukcije ligamenta inicijalno.
- između zdrave noge pre lečenja pri merenju nakon 5' (od inicijacije) i zdrave noge posle rekonstrukcije ligamenta povredene noge nakon 5' (od inicijacije) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **F=0.072279** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona zdrave noge 5' od inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta povredene noge, čime se isključuje uticaj ovog faktora na vrednosti intenziteta ugaonog uspona zdrave noge dobijene pri

meranju na 5' od inicijacije. Nivo signifikantnosti je **$p=0.789363>0.05$** .

- između povređene noge pre lečenja pri merenju nakon 5' (od inicijacije) i povređene noge posle rekonstrukcije ligamenta pri merenju nakon 5' (od inicijacije) za vrednost intenziteta ugaonog uspona nema signifikantnih razlika. Vrednost **$F=0.010407$** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova intenziteta ugaonog uspona povređene noge 5' nakon inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta povređene noge 5' nakon inicijacije na intenzitet ugaonog uspona. Nivo signifikantnosti je **$p=0.919230>0.05$** .

Faktor rekonstrukcije ligamenta povređene noge ima signifikantan uticaj na vrednost ugaonog uspona, inicijalno.

Takođe, treba naglasiti da su statistički testovi istakli signifikantnu saglasnost intenziteta ugaonog uspona zdrave noge pri merenjima pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime je potvrđena ispravnost primenjenog sistema merenja.

Na osnovu analize varijanse ustanovljeno je da:

- između zdrave noge pre rekonstrukcije ligamenta povređene noge na 0' merenja (inicijalno) i zdrave noge posle rekonstrukcije ligamenta povređene noge na 0' merenja (inicijalno) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **$F=2.906273$** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota zdrave noge inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta povređene noge, čime se isključuje uticaj ovog faktora zdrave noge na vrednosti asimptota na 0' merenja. Nivo signifikantnosti je **$p=0.095623>0.05$** .
- između povređene noge pre lečenja pri merenju nakon 0' (inicijalno) i povređene noge posle rekonstrukcije ligamenta nakon 0' (inicijalno) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **$F=1.159520$** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota povređene noge 0' inicijalno pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se

isključuje uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta povređene noge 0' inicijalno na vrednost asimptote. Nivo signifikantnosti je **$p=0.287712>0.05$** .

- između zdrave noge pre lečenja pri merenju na 5' (od inicijacije) i zdrave noge posle rekonstrukcije ligamenta povređene noge pri merenju nakon 5' (od inicijacije) za vrednosti asimptota nema signifikantnih razlika. Vrednost **$F=0.039613$** potvrđuje hipotezu o jednakosti skupova vrednosti asimptota zdrave noge 5' nakon inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta povređene noge, čime se isključuje uticaj ovog faktora na vrednosti asimptota zdrave noge pri merenju 5' od inicijacije. Nivo signifikantnosti je **$p=0.843200>0.05$** .
- između povređene noge pre rekonstrukcije ligamenta pri merenju nakon 5' (od inicijacije) i povređene noge posle rekonstrukcije ligamenta pri merenju nakon 5' (od inicijacije) za vrednosti asimptota postoje signifikantne razlike. Vrednost **$F=4.128091$** potvrđuje hipotezu o različitosti skupova vrednosti asimptota povređene noge nakon inicijacije pre i posle rekonstrukcije ligamenta, čime se ističe uticaj faktora rekonstrukcije ligamenta povređene noge 5' nakon inicijacije na vrednosti asimptota. Nivo signifikantnosti je **$p=0.048535<0.05$** .

Povređena noga pre rekonstrukcije ligamenta na 5' (od inicijacije) ima srednju vrednost asimptote **34.63°** , što je za 0.27° manje od inicijacije 35.00° . Signifikanost saglasnosti srednje vrednosti skupa vrednosti asimptote povređene noge pre rekonstrukcije ligamenta (**34.63°**) sa inicijalnom vrednosti (35.00°) iznosi **$p=0.4581>0.05$** . Srednja vrednost skupa vrednosti asimptota povređene noge pre rekonstrukcije ligamenta se ne razlikuje signifikantno od inicijalne vrednosti, a odstupanja su slučajna.

Povređena noga posle rekonstrukcije ligamenta na 5' (od inicijacije) ima veću srednju vrednost asimptote **42.045°** , što je za 7.45° veće od inicijacije 35.00° . Signifikanost saglasnosti srednje vrednosti skupa vrednosti asimptote nedominantne noge posle rekonstrukcije ligamenta (**42.045°**) sa inicijalnom vrednosti (35.00°) iznosi **$p=0.0139<0.05$** . Srednja vrednost skupa vrednosti asimptota povređene noge nakon inicijacije posle

rekonstrukcije ligamenta je signifikantno veća od inicijalne vrednosti, tj. povređena noga posle rekonstrukcije ligamentaznačajno prebacuje inicijalnu vrednost asimptote. Ukupno zaključujemo da: nedominantna noga posle rekonstrukcije ligamenta signifikantno prebacuje inicijalnu asimptotu.

Faktor rekonstrukcije ligamenta povređene noge ima signifikantan uticaj na vrednost asimptote, pri merenju nakon 5' od inicijacije.

5. DISKUSIJA

Povreda prednjeg ukrštenog ligamenta je jedna od zastrašujućih povreda svih sportista a na našim prostorima prvenstveno fudbalera, košarkaša i odbojkaša. Sve do osamdesetih godina prošlog veka značila je kraj karijere dok u današnje vreme većinu vrhunskih fudbalera ostavlja van terena minimum četiri meseca tokom jedne sezone što ima izuzetno veliki ekonomski uticaj kako na samog igrača, tako i na ceo tim i njihove sponzore (293). U američkoj profesionalnoj košarkaškoj ligi (NBA) je u periodu od 10 sezona (1994./1995.-2004./2005.)zabeleženo da je kod 31 igrača izvršeno 32 rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta(294). U poslednje dve decenije objavljeno je više od 2000 radova na temu problematike prevencije, operativne tehnike lečenja i rehabilitacije nakon rekonstrukcije (293). U poslednjih nekoliko godina je u trenažnom procesu akcenat stavljen na prevenciju nastanka povrede prednjeg ukrštenog ligamenta kroz različite metode kojima se tokom treninga poboljšavaju neuro-muskularne performanse, poboljšava propricepcija i svesnost o položaju tela (*body posture awareness*) sa ciljem smanjenja incidence povreda prednjeg ukrštenog ligamenta u svim populacijama sportista a naročito kod onih ženskog pola(295). Poseban trud se usled toga ulaže u edukaciju mlađih kategorija jer je uočeno da se u ovo uzrastu najznačajnije povećava incidenca operativnih rekonstrukcija (296) a objavljen je i slučaj rekonstrukcije kod sedam /7/ godina starog sportiste(297).

Uzorak ovog ispitivanja su činila šezdesetorica muškaraca, profesionalnih sportista, što skup čini polno homogenim i uniformnim. Ženski pol je faktor koji

je direktno proporcionalno povezan na većom incidencom ruptura prednjeg ukrštenog ligamenta bez obzira na nivo fizičke spremnosti i aktivnosti(298).S obzirom da nam je primarni cilj ovog istraživanja bila verifikacija senzitivnosti i specifičnosti konstruisanog mernog uređaja, bilo je neophodno isključiti što je moguće više faktora koji bi doveli do disperzije rezultata pod njihovim uticajem pa jepri kreiranju ove studije iz tog razloga odlučeno da ispitanici budu isključivo muškog pola.

Od šezdeset ispitanika imali smo 43 fudbalera, 11 košarkaša i 6 odbojkaša. U evropskoj sportskoj populaciji ovo su svakako sportovi, uz rukomet, iz kojih se najčešće regrutuju pacijenti sa povredama prednjeg ukrštenog ligamenta, dok je na teritoriji Severne Amerike i Australije značajan broj pacijenata se povređuje prilikom utakmica američkog fudbala i ragbija (299).

Prosečno vreme od povrede do pregleda kod ortopeda u našoj grupi ispitanika iznosilo je 18.86 a vreme do operacije 36.92 nedelja. Relativno dug period od nastanka povrede do pregleda kod ortopeda može se objasniti na dva načina. Prvi je svakako pokušaj samih ispitanika da po povlačenju kliničkih znakova akutne povrede nastave sa istim nivoom što nije neopravdano (258) a drugi može biti i usled nestručnosti osoba koje su u prve dijagnostikovale povredu i odlučile o daljem lečenju (300). Jedan od naitiranijih radova na temu rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta je rad Shelburna objavljen 1991. godine i koji je nekoliko decenija predstavljao postulat o optimalnom vremenskom razmaku od povrede dooperativnog lečenja(290). Međutim, najnoviji rezultati istraživanja na ovu temu ukazuju da rekonstrukcija sprovedena čak i u prvoj nedelji nakon povrede ne predstavlja rizik za

dobijanjelošeg ishoda lečenja i nastanak komplikacija i omogućava povratak na teren u periodu od 4 do 6 meseci nakon povrede(301)(302).

Ispitanici ovog uzorka su u 65% povredu prednjeg ukrštenog ligamenta zadobili bez kontakta sa drugim igračima. Naši rezultati potvrđuju da najkritičniji momenat, tokom nekontaktne delatnosti sportom, predstavlja momenat doskoka, kada je neophodna fina koordinisanost i ekvilibrium aktivnosti antagonista i agonista prednjeg ukrštenog ligamenta čime se obezbeđuje ravnomeran i bezbedan prenos težine tela duž svih segmenata donjeg ekstremiteta. U saglasnosti su i sa rezultatima studije koju je objavio Kobayashi sa saradnicima i čiji rezultati, dobijeni na istraživanju sa više od 1700 aktivnih sportista, ukazuju na to da se kod većine njihovih ispitanika povreda dešavala najčešće bez kontakta tokom sportske aktivnosti (takmičenja, utakmice...)(303) Međutim, u nekim drugim studijama je dobijeno da je povreda najčešće nastajala u kontaktnim situacijama (293) što može biti posledica zastupljenosti različitih sportova u studijama.

Naši ispitanici su zadobijali povrede tokom cele sezone ali se uočava da postoji porast incidence u avgustu, tj. na početku sezone, kao i nešto više povreda pri kraju zimskog dela sezone. Podatak o avgustovskom većem broju povreda se sreće u literaturi i posledica je pada fizičke kondicije u pauzi koja prethodi početku sezone (304)(305). Dodatno povećanje incidence povreda tokom zimskog perioda koji se primećuje u našem uzorku može se pripisati i neadekvatnom održavanju fizičke kondicije usled čega dolazi do zamora i sledstvenih povreda ali i na žalost čestim neadekvatnim uslovima na fudbalskim terenima koji se u našim ligama često mogu videti tokom zimskih meseci(306).

IKDC upitnik je 1987. godine kreiran od strane američkih i evropskih ortopeda inicijalno samo kao skoring sistem za pacijente sa povredom ligamenata kolena. Nastao je kao posledica njihove zabrinutosti da skoring sistemi koji su tada bili u upotrebi nisu dovoljno validni jer su spajali numeričke vrednosti sa faktorima koji zapravo nisu mogli biti kvantifikovani pa su oni zato napravili sistem u kom su faktorima koji nisu mogli biti direktno poređeni jedni sa drugima dodali numeričke proizvoljne vrednosti (307). Ovaj upitnik je napravljen sa ciljem da proceni simptome, funkciju i sportsku aktivnost kod pacijenata koji imaju jedno ili više patoloških stanja u predelu kolena uključujući povredu ligamenta, meniskusa, ili degeneraciju atikularne hrskavice, artritis i disfunkciju patelofemoralnog kompleksa. Sada aktuelna verzija koja se koristi širom sveta, izuzetno je laka za upotrebu jer je izdeljena u deo za dokumentovanje, deo za kvalifikaciju i deo za evaluaciju i pokriva četiri oblasti: subjektivnu procenu stanja i tegoba koji je sukcesivno dodat 2000.godine, simptome, obim pokreta i stanje ligamenta. Dodatne informacije, koje uključuju pregled kompartmenta, patološki nalaz na mestu uzimanja grafta, radiografske nalaze i utvrđivanje funkcijskih sposobnosti, se takođe beleže ali ne ulaze u izračunavanje završne vrednosti. Upitnik se sastoji od 18 tačaka koje obrađuju simptome, funkciju i sportsku aktivnost i na osnovu njega je moguće napraviti diferencijaciju pacijenata sa višim nivoom simptoma u predelu kolena i narušenom funkcijom. Krajnji rezultat se dobija kao razlikaapsolutnog broja zbira svih numeričkih vrednosti za izabrane odgovore i najnižeg mogućeg skora, koja se potom deli sa ukupnim mogućim bodovnim opsegom i množi sa 100. Odgovori po svim tačkama se zbrajaju da bi se dobila jedna cifra, čija viša numerička vrednost definiše manji intenziteta tegoba i veću funkcionalnost

(308). U našem uzorku IKDC subjektivna procena stanja je imala srednju vrednost pre operacije od 42.312 (standardna devijacija 9.081) i bila je signifikantno manja od vrednosti promenljive posle operacije kada je srednja vrednost bila 94.695 (standardna devijacija 2.052). Korelacija vrednosti IKDC skora i testova propriocepcije dobijena je u studijama Parka i saradnika (309), kao i Al-Dadaha i saradnika pri preoperativnom ali ne i postoperativnom testiranju (310). Objektivnim delom IKDC upitnika dobili smo da je su se preoperativno u grupi C nalazila 34 a u grupi D 26 ispitanika. Postoperativno je IKDC rezultat bio takav da smo u grupi A imali 40, u grupi B 18 a u grupi C 2 ispitanika što svakako predstavlja značajno poboljšanje. Validnost IKDC u proceni funkcionalnog stanja, kako nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta, tako i nakon njegove rekonstrukcije, je do sada dokazana i objavljena u literaturi. Irrgang i saradnici (311) su evaluirali konstrukciju i konkurentnost tačnosti IKDC upitnika čim se on pojavio na 133 ispitanika 1 do 5 godina nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta i njihovi rezultati su još tada ukazivali da je upitnik koristan za procenu funkcionalnog ishoda nakon rekonstrukcije. Sistem bodovanja u okviru ovog upitnika pokazao se kao pouzdan za jasnu distinkciju onih pacijenata čiji je postoperativni ishod imao normalnu vrednost od onih kod kojih nije a pri tome umanjujući mogućnost postojanja lažno pozitivnog i lažno negativnog nalaza kada problem u kolenu (ne)postoji nakon rekonstrukcije. IKDC 2000 verzija ovog instrumenta je prošla testiranje i pouzdanosti i validnosti na 533 ispitanika sa različitim patološkim stanjima kolena jer je dokazano da bodovni opseg (od 0 do 100) ima adekvatne interklasne razmake, konvergentnu validnost u odnosu na SF-36 upitnika za oblasti fizičke aktivnosti i bola i diskriminantnu validnost za oblast mentalnog

zdravlja i funkcionalnih ograničenja usled psihičkih tegoba. Za značajno funkcionalno poboljšanje smatra se postoperativni rezultat povećan (u odnosu na preoperativni) za 20,5 poena ili više dok poboljšanje nalaza za 12 poena se ne može smatrati klinički relevantnim pokazateljem poboljšanja funkcije kolenog zgloba (312).

Anderson i saradnici su objavili normativne podatke prikupljene u slučajnom uzorku od 5246 kolena. Ovako prikupljeni podaci omogućavali su poređenja koja su bila kompatibilna po pitanju godina i pola eksperimentalne i kontrolne grupe. Zahvaljujući ovolikom uzorku dokazana je adekvatna konstrukciona validnost jer je na osnovu ukupnog skora bilo moguće identifikovati osobe sa tegobama u predelu kolenog zgloba i sniženu funkcionalnost (313).

Potreba za procenom intenziteta i opsega povrede ligamenata dovela je do toga da se za ovo pojavi više upitnika i skala sa tim ciljem, nego i za jedan drugi patološki proces u predelu zgloba kolena. Preko 60, najvećim delom nevalidiranih, upitnika za procenu funkcionalnosti je stvoreno isključivo za evaluaciju narušenosti integriteta i funkcije kolenog zgloba sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom. Velika zainteresovanost za rekonstrukciju i rehabilitaciju nakon povrede ovog ligamenta dovela je do različitih pogleda i stavova o pouzdanosti, validnosti i senzitivnosti ponuženih upitnika za procenu funkcionalnog stanja. Izuzetno je bitno pri primeni bilo kog instrumenta za evaluaciju imati na umu da i potencijalna koomorbiditentna stanja mogu dovesti do lošijih rezultata (lažno pozitivnih) jer je primećeno da neki faktori, poput gojaznosti, pušenja i izražene hondromalacije navode pacijente da pri

subjektivnoj proceni rezultata rekonstrukcije daju lošije ocene(314). Modifikovana Lysholm skala je jedan od najčešće korišćenih instrumenata za procenu stanja i funkcije kolenog zgloba. Neki je čak smatraju i „zlatnim standardom“ procesa evaluacije kolena sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom (315). Kada je prvi put objavljena 1982.godine Lysholm skala se sastojala od 8 pitanja, prvenstveno namenjenih za procenu nestabilnosti kolena kod mlađih pacijenata. Ovaj upitnik je u prvi mah bio dizajniran da bude korišćen od strane kliničara koji bi anketirali pacijente, međutim, veoma brzo je uočeno da se na taj način potencira pristranost i neobjektivnost rezultata. Sada su sve češće u upotrebi online formulari koje pacijenti sami popunjavaju. Lysholm skala je validan instrument za invaliditet i kao takva predstavlja sistem koji je koncentrisan na pacijentovu percepciju sopstvene funkcionalnosti u aktivnostima dnevnog života koje su njemu najvažnije, kao i na njegovu funkcionalnu sposobnost tokom fizičkih aktivnosti različitog intenziteta(291). U našem uzorku vrednosti dobijene Lysholm skalom bile su signifikantno različite pre i posle operacije. Srednja vrednost pre operacije od 41.750 (standardna devijacija 11.545) je signifikantno manja od vrednosti promenljive posle operacije koja ima srednju vrednost od 92.591 (standardna devijacija 5.670) što predstavlja značajno poboljšanje u funkcionalnosti naših ispitanika. Validnost Lysholm skale za procenu rezultata rekonstrukcije potvrđena je i u radu Briggs-a i saradnika koji su procenjivali njenu pouzdanost i validnost na 1075 ispitanika sa rekonstruisanim prednjim ukrštenim ligamentom u cilju procene njene upotrebljivosti nakon 25 godina od njene prve upotrebe. Ovaj instrument se pokazao kao pouzdan i prihvatljiv skor popunjavan od strane

samog pacijenta i u sadašnje vreme i nakon mnogobrojnih promena operativne tehnike rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta (316).

Od kada je Abbott sa saradnicima doprineo boljem razumevanju fiziologije unutarzglobnih struktura kolena i njihove bogate inervacije zahvaljujući kojoj su prva karika kinetičkog lanca, znatno je poraslo interesovanje za njihov proprioceptivni značaj(54).

Glavna mehanička uloga prednjeg ukrštenog ligamenta je da, spreči preteranu tibijalnu translaciju tokom različitih stepena fleksije i sposoban je da se pri ovome uspešno odupre sili manjoj od 1725N. Pri delovanju sile te jačine dolazi do pucanja ligamenta ali se oštećenja vlakana kao i koštanih pripoja ligamenta dešavaju i pri manjim silama. Uočeno da je nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta dolazi do narušavanja čak i pasivne stabilnosti kolena a da je funkcionalna nestabilnost posledica nekoordinisane mišićne aktivnosti muskulature kolena koja nastaje usled nedostatka aferentnog senzornog inputa pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta(87)(207)(73).

U našoj grupi ispitanika imali smo značajno više desno dominantnih (54/60)što se uklapa u globalnu predominaciju desne strane tela u ljudskoj populaciji (317)i značajno više povređenih kolena nedominantne noge (43 nedominantna povređena kolena od 60 ispitanika). Neuromuskularna ispitivanja nisu ukazala na značajnu razliku između dominantne i nedominantne noge u studijama kojese ispitivale skok u dalj jednom nogom koji se koristi kao jedan od testova za procenu proprioceptije kod ispitanika sa nepovređenim povređenim prednjim ukrštenim ligamentom(318)(319).

Pri identifikaciji mehanizma usled kog dolazi do rupture prednjeg ukrštenog ligamenta u literaturi se mogu naći podaci o slabijoj kontroli muskulature kuka, smanjenoj aktivnosti hamstringa, produžnog reakcionog vremena, smanjenemaksimalne vrednosti fleksionog ugla pri doskoku ali i smanjene stabilnosti trupa kod fudbalera ženskog pola kod kojih je i zastupljeniji valgus položaj kolena i pronacija subtalarnog zgloba. Fudbal, koji je najzastupljeniji sport u našoj grupi ispitanika, je vrsta fizičke aktivnosti u kojoj je odnos antagonističkih grupa (ekstenzori /fleksori i aduktori/abduktori) znatno pomeren na stranu prvih i iznosi 2:1. Brofi sa saradnicima u svojoj studiji o povredama prednjeg ukrštenog ligamenta iznosi zaključak da je češća incidenca povređivanja dominantne noge upravo posledica ovog disbalansa snage kvadricepsa i hamstringa u sagitalnoj ravni a abduktora i aduktora u frontalnoj uz značajan doprinos loše pozicije karlice. Karlica zauzima prednji nagib pre šteta koji postepeno prelazi u zadnji nagib taman pre kontakta noge sa loptom, zbog čega pripoj bicepsa zadnje lože natkolenice migrira u kaudalnom pravcu čime dolazi do njegovog istezanja. Kvadriceps ima mehaničku prednost pri ovoj aktivnosti jer je statička snaga zadnje lože ovako oslabljena i prednji ukršteni ligament trpi veće opterećenje u sprečavanju kliženja tibije pod uticajem kontrakcije kvadricepsa(320).

Češća povreda nedominantne noge se može objasniti elektomiografskim rezultatima ispitivanja koje je fudbalerima sproveo Mognononi i sar(321) i koji je objavio da je maksimalna vrednostekstenzionog torca nedominantne noge bila veća što se objašnjava značajnom ulogom stabilizacije tela nedominantnom nogom tokom faze zamaha i udarca dominantnom nogom.

U našem uzorku nismo dobili statistički značajnu razliku za parametar asimptote, tj. sva odstupanja koje su ispitanici imali u postizanju zadatog ugla nije odstupao dovoljno i/ili su standardne devijacije bile tolike da nismo uspeli da dokažemo senzitivnost konstruisanog aparata za ovaj parametar. Uočena je dakako tendencija da se pri drugom merenju, nakon 5' dobijaju veće vrednosti. S obzirom da je eksperiment bio tako definisan da nije postojalo praktično upoznavanje ispitanika sa metodologijom merenja, nego su samo pre prvog, inicijalnog, merenja dobili verbalna uputstva od strane ispitivača, moguće je da je ispitanike u prvom merenju ograničilo upravo nepoznavanje onog što im predstoji, dok su drugom merenju pristupili sa manje anksioznosti i straha od nepoznatog. Može se pretpostaviti da bi povećanjem broja merenja u više vremenskih intervala (i nakon 30' i nakon 60'), dodatnim opterećenjem plasiranim u području skočnog zgloba, promenom položaja ispitanika, i poređenjem postignutog položaja iz pune ekstenzije sa rezultatima iz pune fleksije, dobili veću distinkciju rezultata čime bi postigli veću senzitivnost za ovaj novokonstruisani digitalni goniometar.

Wilke i Frobösesu(322)kao i Jensen sa svojim saradnicima (323)su istakli da pozicija pacijenta ima veliki uticaj na *joint position sense* rezultate. Oni tvrde da su proprioceptivne informacije u ležećem položaju različite u odnosu na one u sedećem ili stojećem položaju zbog različitih grupa mišića koje se regrutuju pri ovim položajima. Dodatni otežavajući faktor je da se ugao fleksije kolena retko kada menja u ležećem proniranom položaju tokom aktivnosti svakodnevnog života pa je svaka ovakva aktivnost neuvežbana pre svega u centralnom nervnom sistemu čija voljna kontrola, od planiranja do naloga za sprovođenje aktivnosti, prethodi samom pokretu. I sam kvalitet zapamćene

informacije razlikuje se u zavisnosti od toga da li je koleno savijeno aktivno ili pasivno pri zadavanju ciljnog ugla fleksije.

U našem uzorku pri ispitivanju propriocepcije dobili smo da su ispitanici imali statistički značajnu razliku u parametru intenziteta ugaonog uspona tj. da je brzina podizanja povređene noge bila brža i pri nultom merenju ali i pri onom nakon 5 minuta. Kao što smo već rekli, kod ispitanika sa povredom prednjeg ukrštenog ligamenta koja je starija od 6 meseci, pri voljnom mišićnom odgovoru, mišići zadnje lože su inicijalna grupa koja pokušava da spreči ekstremnu translaciju tibijekoj se zatim pridružuju vlakna četvoroglavog mišića butai gastroknemiusa (**HQG patern**).

Upravo se ovim može objasniti naš rezultat u kom smo dobili da su ispitanici, koji su u momentu testiranja već u proseku više od 6 meseci obavljali aktivnosti dnevnog života sa pokidanim ligamentom i bili u mnogima od njih limitirani kao što nam pokazuju rezultati Lysholm i IKDC upitnika, „naučili“ da dodatnom aktivacijom hamstringa mogu da kompenzuju nestabilnost kolena usled pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta.

Dodatno, naši rezultati pokazuju i da su ispitanici „prebacivali“ traženu vrednost što takođe ide u prilog dodatne, „preterane“ kontrakcije mišića zadnje lože natkolenice. Međutim, na ovom uzorku za parametar asimptote, tj. preciznost pri postizanju zadatog ugla, nismo uspeli da dobijemo potvrdu statističke značajnosti razlike vrednosti povređene i nepovređene noge što je u skladu sa rezultatima Hartera i saradnika (153). Na ovom uzorku se iz rezultata može uočiti da su vrednosti ovog parametra veće za levu nogu (kada je uzorak podeljen u odnosu na stranu tela) kao i za nedominantnu nogu (kada je uzorak podeljen po dominantnoj strani tela) što se u našem uzorku u velikom procentu i

preklapa jer je najčešće povređena leva nedominantna noga. Daneshjoo i saradnici (324), kao i Yamada i saradnici (325) su ukazali da nedominantna noga ima veći procenat greške pri merenju propriocepcije kao i manji funkcionalni kapacitet.

Kao što je Andrachi sa svojim saradnicima istakao, povećavanjem ugala fleksije u kolenu, povećava se i sposobnost hamstringa da kompenzuju deficit nastao povredom prednjeg ukrštenog ligamenta, pa tako pri uglu većem od 40 stepeni, sam hamstring daje i rotatornu stabilnost i otpor prednjoj translaciji (196).

Catalfamo je sa sasvojim saradnicima na ispitivala kolika je snaga mišića hamstringa potrebna da bi se kompenzovalo odsustvo funkcije prednjeg ukrštenog ligameta i sprečila preterana prednja translacija tibije na modelu koji je podrazumevao tri koštana dela: femur, tibiju i patelu, četiri ligamenta, ukrštene i kolateralne, dve mišićne grupe, hamstringe i četvoroglavi mišić buta, kao i patelarnu tetivu i medijalnu kapsulu. Potvrdili su da dodatno povećanje aktivnosti mišića hamstringa može kompenzovati prednju translanciju tibije kod osoba sa deficijentnim prednjim ukrštenim ligamentom ali da korekcija od 100% u ciklusu hoda zahteva dodatni mišićni trening jer se inače pojačava kontaktna sila u zglobu (326).

Rezultati njene studije su u skladu sa rezultatima koju su na tu temu objavili Maitland i Wu. Oni su ustanovili da se kod kolena sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom prednja translacija tibije povećava za 11,8mm i da povećanje kontrakcije mišića zadnje lože natkolenice to pomeranje redukuje do normalnih vrednosti tj. mišićna kontrakcija kompezuje deficit

ligamenta(327) čime se objašnjava i prebačaj zadate vrednosti u našoj grupi ispitanika.

I Shelburne sa saradnicima je u svom ispitivanju sa trodimenzionalnim modelom istraživao da li je izolovana promena snage kontrakcije ili četvoroglavog mišića buta ili mišića zadnje ložemože samostalno da dovede do stabilizacije kolena sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom. Metodologija je podrazumevala prvo dodatnu fascilitaciju mišića hamstringa sa posledično jačom kontrakcijom ili inhibiciju uticaja delovanja kvadricepsa smanjenjem njegove kontrakcije i dobili su rezultat da je 20% povećanja snage kontrakcije mišića zadnje lože natkolenice dovoljno da funkcionalno stabilizuje koleno sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom, dok to nije uspeo regulacijom snage kontrakcije četvoroglavog mišića(328).

Elias sa saradnicima je u in-vitro studiji sa prekinutim prednjim ukrštenim ligamentom dobio rezultate da dodatna sila od strane mišića hamstringa dovodi do kinematičkog pomeranja od pravca delovanja sila koje preuzimaju dominaciju ligament ne vrši svoju funkciju i značajnog statističkog smanjivanja prednje i unutrašnje translacije tibije kao i unutrašnje rotacije. Efekti su bili značajniji u opsegu pokreta gde mišići zadnje lože i inače imaju primarnu ulogu stabilizatora kolena (329).

Draganich i saradnici su pokazali da hamstring funkcioniše sinergistički sa prednjim ukrštenim ligamentom u cilju sprečavanja preteranog tibijalnog pomeranja što može biti posledica svake kontrakcije kvadricepsa (188).

Rudolph sa saradnicima je ispitivao mišićne performanse kod osoba sa pokidanim prednjim ukrštenim ligamentom sa ciljem da uoči zašto neki od njih (*copers*) mogu da nastave sa fizički zahtevnim aktivnostima koje podrazumevaju i naglu promenu pravca i okretanje na jednoj nozi, dok drugi ne mogu (*non-copers*). Dobili su da su *copers* po parametrima obima pokreta, momenta i intenziteta mišićne aktivnosti slični nepovređenim ispitanicima dok su *non-copers* imali redukciju obima pokreta i eksterni moment fleksije kolena u korelaciji sa snagom kvadricepsa, da su kasnili u prilagođavanju kontrakcije hamstringa u momentu prebacivanja težišta tela i imali strategiju koja involvira sveobuhvatnu a ne ciljanu kontrakciju fascikulusa mišića zadnje lože. Grupa isitanika definisanih kao *copers* nisu pri fizičkoj aktivnosti funkcionisali po principu izbegavanja aktivacije četvoroglavog mišića buta nego više po principu dodatne aktivacije hamstringa čime su očigledno uspevali da postignu funkcionalnu stabilnost kolena (330).

MacWilliams je sa saradnicima, upravo iz razloga utvrđivanja značaja dodatne kontrakcije hamstringa na rotacije i translacije u zglobu kolena, sproveo servohidraulično istraživanje na kolenima kadavera. Utvrdili su da jačanje kontrakcije mišića zadnje lože natkolenice nakon povrede prednjeg ukrštenog ligamenta može biti korisno i pre, kao i posle operativne rekonstrukcije jer se smanjuje udeo ligamenta u funkcionalnoj stabilizaciji kolena ali po cenu povećanja patelofemoralnog i unutarzglobnih sila kontakta (331).

Hewwet sa saradnicima (332) je sproveo najveću komparativnu studiju razlike izokinetičke snage u odnosu na pol ispitanika. Ustanovili su da kod

ispitanika ženskog pola ne postoji adekvatan odgovor mišića zadnje lože natkolenice na povećanje snage kontrakcije četvoroglavog mišića natkolenice tokom promena brzine fleksije unutar fizioloških vrednosti. Izneli su mišljenje da osnov za razliku odnosa hamstring/kvadriiceps kontrakcija pri promeni brzine kretanja potkolenice, koja postoji kod ispitanika različitog pola, je posledica različitog načina razvoja tokom puberteta, pa da zato sportistkinje lakše i češće zadobijaju povredu prednjeg ukrštenog ligamenta. Zapravo, sportisti muškog pola u uzrastu nakon puberteta, lakše i brže povećavaju snagu kontrakcije mišića zadnje lože sa povećanjem brzine fleksije natkolenice i tako preventivno deluju na eventualno preopterećenje prednjeg ukrštenog ligamenta. Hewet i saradnici su predložili da testiranje odnosa hamstringa/kvadriiceps pri promeni brzine fleksije bude skrining metod kojim bi se uočile osobe sklonije povredama i sa kojima bi se ciljanim neuromuskularnim treninzima povećanja relativne snage mišića hamstringa mogla smanjiti incidenca povreda u ovoj populaciji.

Sposobnost propriocepcije se vraća 6 meseci nakon rekonstrukcije(333)(334)(335). Kontrolni rezultati koje smo dobili takođe ističu ovu pravilnost. Povratkom sposobnosti propriocepcije, naši ispitanici su zahvaljujući kombinaciji restaurirane sposobnosti implantiranog ligamenta i forsirane upotrebe mišića zadnje lože natkolenice, za posledicu ima povećanje brzine pomeranja potkolenice pri fleksiji kao i statistički značajan prebačaj tražene ugaone vrednosti.

Hamstring je osnovni agonista kod osoba sa povredama prednjeg ukrštenog ligamenta (187)(188)(189)(190)(191)(192)(180)(168). Balans

među vektorima delovanja hamstringa, kvadricepsa i gastroknemiusa, koji zavisi prevashodno od intenziteta kontrakcije i ugla fleksije, ima veliki značaj kod osoba sa oštećenim prednjim ukrštenim ligamentom(193)(194)(195) što smo i mi našom studijom uočili.

6. ZAKLJUČCI

1. Dobijena razlika u preciznosti pozicioniranja potkolenice sa oštećenim ligamentarnim aparatom kolena u odnosu na nepovređenu nogu pre hirurške rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta nije pokazala statistički značajnu razliku. Međutim, postoji statistički značajna razlika u brzini kojom se postiže zadati ugao, tj. povređena noga ima veći intenzitet ugaonog uspona što ukazuje na kvalitativne razlike u samom obrascu pokreta.
2. Na ovom uzorku dobijeno je da postoji statistički značajna razlika u preciznosti pozicioniranja potkolenice sa oštećenim ligamentarnim aparatom kolena u odnosu na nepovređenu nogu nakon hirurške rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta tj. pacijenti su nakon rekonstrukcije statistički značajno »prebacivali« zadata vrednost od 35°.
3. Test pozicioniranja ekstremiteta za ovo ispitivanje konstruisanim aparatom je dovoljno senzitivan i specifičan kao dijagnostička procedura gubitka sposobnosti propriocepcije usled kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta.
4. Da bi se prikupilo što više podataka i otklonila ograničenja ove studije, potrebno dalje razvijati plan (režim) merenja i drugih inicijalnih uglova, forsiranih režima, većeg broja merenja (longitudinalno praćenje), ići do zamora mišića brojem ponavljanja ili postavljanjem/povećanjem opterećenja na potkolenici, meriti dinamiku promene vrednosti praćenih parametara promenom položaja tela (isključivanje sile zemljine teže), testirati reprezentativni uniformniji uzorak po pitanju antropometrijskih parametara, vrsti sporta, načinu treninga...

7. BIBLIOGRAFIJA

1. Redeker R. Lesport est-il inhumain ? Paris: Editions du Panama (16 May 2008); 2008.
2. Bourg J, Gouguet J. The Political Economy of Professional Sport Cheltenham Glos: Edward Elgar Publishing Ltd; 2010.
3. Weile P. Leveling the Playing Field: How the Law Can Make Sports Better for Fans Cambridge, MA: Harvard University Press; 2000.
4. Gibson O. The Guardian. [Online].; 2013 [cited 2013 Novembar. Available from: <http://www.theguardian.com/sport/2013/nov/09/bt-sport-champions-league-exclusive-tv-rights>.
5. Associated Press. NDTV. [Online].; 2012 [cited 2013 Novembar. Available from: <http://sports.ndtv.com/football/news/189306-clubs-to-get-champions-league-prize-money-raise>.
6. Werner B. Catalyst an IMG Consulting Company. [Online].; 2011 [cited 2013 11. Available from: <http://catalystimg.com/post/2011/06/new-2011-catalyst-fan-engagement-study/>.
7. Miller A, N H. Sport Intelligence. [Online].; 2011 [cited 2013 November. Available from: <http://www.sportingintelligence.com/2011/10/30/revealed-official-english-football-wage-figures-for-the-past-25-years-301002/>.
8. Pay wizzard. Paywizzard. [Online]. [cited 2013 November. Available from: <http://www.paywizzard.co.uk/main/pay/vip-celebrity-salary/football-players-salary>.
9. NHS Carees. NHS. [Online].; 2013 [cited 2013 Novembar. Available from: <http://blogs.worldbank.org/prospects/prospects-weekly-global-economic-prospects-report-projects-that-world-real-gdp-growth-will-moderate>.
10. Davies J. Coaching the Tiki Taka Style of Play London: Soccertutor.com Ltd; 2013.
11. Trusson M. Grass Root Coaching. [Online].; 2010 [cited 2013 November. Available from: <http://www.grassrootscoaching.com/blog/how-the-game-of-soccer-has-evolved-over-the-last-20-years-part-one/>.
12. Rahnama N. Prevention of football injuries. Int J Prev Med. 2011 Jan; 2(1): p. 38-40.

13. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011 Jun; 45(7): p. 553-8.
14. Grooms D, Palmer T, Onate J, Myer G, Grindstaff T. Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. *J Athl Train.* 2013 Nov-Dec; 48((6):782-9): p. 782-9.
15. Katzowitz J. CBS Sports. [Online].; 2013 [cited 2013 Decembar. Available from: <http://www.cbssports.com/nfl/eye-on-football/22954120/steve-mclendon-ballet-is-harder-than-anything-else-i-do>.
16. Fuller C, Junge A, Dvorak J. Risk management: FIFA's approach for protecting the health of football players. *Br J Sports Med.* 2012 Jan; 46(1): p. 11-7.
17. Dye S. Functional morphologic features of the human knee: an evolutionary perspective. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;(May;(410)): p. 19-24.
18. Dye S, Wojtys E, Fu F, Fithian D, Gillquist I. Factors contributing to function of the knee joint after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Instr Course Lect.* 1999;(48): p. 185-98.
19. SF D. An evolutionary perspective of the knee. *J Bone Joint Surg.* 1987; 7(976-83).
20. Muller W. *The Knee: Form, Function and Ligament Reconstruction* New York: Springer - Verlag; 1983.
21. Helfet A. *Disorders of the knee*, Second edition Philadelphia: JB Lippincott Company; 1974.
22. Caillet R. *Knee pain and disability*, sixth edition Philadelphia: Davis company F.A; 1976.
23. Jovanović S, Keros P, Kargovska-Klisarova A, Ruszkowski I, Malobabić S. *Donji ekstremitet* Beograd-Zagreb: Naučna knjiga i školska knjiga; 1989.
24. Ruszkowski I, Pećina M. *Biomehanika u gonologiji*. U Pećina M. *Koljeno* Zagreb: Jumena; 1982.
25. Huiskes R, Blankevoort L. *Anatomy and Biomechanics of the Anterior Cruciate Ligament: A Three-Dimensionl Problem*. In Jakob RP SH. *The Knee and the Cruciate Ligaments*. Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris: Spriner-Verlag; 1992. p. 92-109.
26. Norwood L, Cross M. Anterior crutiace ligament: functional anatomy of its bundles in rotataory instabilities. *Am Sports Med.* 1979; 1(7): p. 23-26.

27. Insall J. Anatomy of the knee. In Insall J. Surgery of the Knee. New York, Edinburgh, London and Melburn: Churchill Livingstone; 1984. p. 1-20.
28. Huiskes R, Blankevoort L. Anatomy and Biomechanics of the Anterior Cruciate Ligament: A Three-Dimensional Problem. In The Knee and the Cruciate Ligaments. Berlin-Heidelberg-NewYork-London-Paris: Springer-Verlag; 1992. p. 92-109.
29. Hackebruch W. Significance of anatomy and biomechanics. In Jakob RP SH. The Knee and the Cruciate ligaments. Berlin-Heldelberg-NewYork-London-Paris: Springer-Verlag; 1992. p. 110-19.
30. Hunziker E, Staubli H, Jakob R. Surgical anatomy of the Knee Joint. In Jacob RP SH. The Knee and the Cruciate Ligaments. Berlin-Haideberg-New York-London-Paris: Springer-Verlag; 1992. p. 31-47.
31. Burstein A. Biomechaniks of the knee. In JN I. Suregry of the knee. New York-Edinburgh-London-Melburn: Churcill Livingstone; 1984. p. 21-39.
32. Vukićević S, Pećina M, Vukićević D. Biomehanika koljenskog zgloba. In M P. Koljeno. Zagreb: Jumena; 1982. p. 17-45.
33. Muller W. Das Knie Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag; 1982.
34. Menschik A. Mechanic des Kniegelenks Wien: Sailer; 1974.
35. Harhaji V. PROSTORNO ODREĐIVANJE POLOŽAJA KALEMA U BUTNOJ KOSTI POSLE REKONSTRUKCIJE PREDNJEG UKRŠTENOG LIGAMENTA KOLENA Novi Sad: Doktorska teza; 2012.
36. Savić D. Transplantacija ukrštenih ligamenata kolena u eksperimentalnim uslovima Disertacija , editor. Novi Sad: Medicinski fakultet.Univerzitet u Novom; 1999.
37. Ogata S, Uthoff H. The development of synovial plicae in human knee joint: an embryologic study. Arthroscopy. 1990; 6(4): p. 315-21.
38. Merida-Velasco J, al e. Development of the Human Knee Joint. The Anatomical Record. 1997; 248: p. 269-278.
39. Hughston J, Walsh W, Puddu C. Functional anatomy of the extensor (decelerator) mechanism. In Patellar Subluxation and Dislocation. Philadelphia: Saunders; 1984.
40. Hughston J. Knee ligaments: Injury and Repair St. Louis: Mosby Year Book; 1993.

41. More R, Karras B, Neiman R, Woo S. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *Am J Sports Med.* 1993 Mar-Apr; 21(2): p. 231-7.
42. Fulkerson J, Hungerford D. Normal anatomy. In *Disorders of the Patellofemoral Joint.* 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1990.
43. Zidorn T. Classification of the suprapatellar septum considering ontogenetic development. *Arthroscopy.* 1992 Aug; 4: p. 459-64.
44. Dandy D. Anatomy of the medial suprapatellar plica and medial synovial shelf. *Arthroscopy.* 1990; 6(2): p. 79-85.
45. Dye S. The knee as a biological transmission with an envelope of function. *Clin Orth Rel Res.* 1996; 325: p. 10-18.
46. Agliethi P, Buzzi R, Insall J. Disorders of the patellofemoral joint. In *a Jle. Surgery of the Knee.* New York: Churchill Livingstone; 1993.
47. Hughston J, Walsh W, Puddu G. Diagnosis. In *Patellar Subluxation and Dislocation.* Philadelphia: Saunders; 1984.
48. Dye S, Shapeero L, Lipton M, all e. Quantitative assessment of functional knee morphology by means of cine computed tomography. *Am J Sports Med.* 1987; 15: p. 387.
49. Hughston J, Andrews J, Cross M, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities: Part I. The medial compartment and cruciate ligament. *J Bone Joint Surg.* 1976; 58A: p. 159-164.
50. Brantigan O, Woshell A. The tibial collateral ligament: Its function, its bursae, and its relation to the medial meniscus. *J Bone Joint Surg.* 1943; 25A: p. 121.
51. Noyes F, Grood E, Butler D, Paulos L. Clinical biomechanics of the knee ligament restraints and functional stability. In *American Academy of Orthopaedic Surgeons Symposium on the Athlete's Knee: Surgical Repair and Reconstruction.* St. Louis: Mosby; 1980.
52. Brantigan O, Voshell A. Ligaments of the knee joints: The relationship of the ligament of Humphry to the ligament of Wrisberg. *J Bone Joint Surg.* 1946; 28: p. 66-72.
53. Renstrom P, Johnson R. Anatomy and biomechanics of the menisci. *Clin Sports Med.* 1990; 9: p. 523.
54. Abbott L, Saunders J, FC B, Anderson C. Injuries to the ligaments of the knee joint. *Journal of Bone and Joint Surgery.* 1944; 26: p. 503-21.

55. Kennedy J, Alexander I, Hayes K. Nerve supply of the knee and its functional importance. *Am J Sports Med.* 1982; 10: p. 329-35.
56. Girgis F, Marshal IJ, ARS AM. The crucial ligament of the knee joint: Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin Orthop.* 1975; 106.
57. Amis A, Jakob R. Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998; 6: p. 2-12.
58. Norwood L, Cross M. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med.* 1979; 7: p. 23-6.
59. Ninković S. Uvećanje koštanog kanala u butnoj kosti i golenjači nakon rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta kolena. Doktorska disertacija ed. Novi Sad: Medicinski fakultet Novi Sad; 2011.
60. Jovanović S, Keros P, Kargovska-Klisarova A, Ruszkowski I, Malobabić S. Donji ekstremitet Beograd-Zagreb: Naučna knjiga i školska knjiga; 1989.
61. Amiel D, Billings JE, Harwood F. Collagenase activity in anterior cruciate ligament: protective role of the synovial sheath. *J Appl Physiol.* 1990; 69: p. 902-6.
62. Scapanelli R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures. *Clin. Anatom.* 1997; 10: p. 151-62.
63. Arnozky S. Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures. *Orthop. Clin North Am.* 1985; 16: p. 15-20.
64. Simank H, Graf J, Schneider U, Fromm B, Niethard F. Demonstration of the blood supply of human cruciate ligaments using the plastination method. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1995; 133: p. 39-42.
65. Silver F. Biomaterials, medical devices and tissue engineering: an integrated approach. London: Chapman & Hal; 1994.
66. Kennedy J, et al. Anterolateral rotatory instability of the knee joint. *J Bone Joint Surg (Am).* 1978; 60: p. 1031-9.
67. Tirgari M. The surgical significance of the blood supply of the canine stifle joint. *J Small Anim Pract.* 1978; 19: p. 451-456.
68. Insall J. Anatomy of the knee. In J I. *Surgery of the Knee.* New York, Edinburgh, London and

- Melburn: Churchill Livingstone; 1984. p. 1-20.
69. Adamczyk G. ACL – deficient knee. *Acta Clinica*. 2002; 2(1): p. 11-16.
70. Hart R, Wco S, Newton P. Ultrastructural morphometry of anerior crutuate and medial collateral ligaments: an expermental study in rabbits. *J Orthop Res*. 1992; 10: p. 96-103.
71. Bray R, Fischer A, Frank C. Fine vascular anatomy of adult rabbit knee ligaments. *J Anatom*. 1990; 172: p. 69-79.
72. Biedert R, Stauffer E, Friederich N. Occurrence of free nerve endings in the soft tissue of the knee joint: A historical investigation. *Am J Sports Med*. 1992; 20: p. 430-33.
73. Denti M, Monteleone M, Berardi A, Panni A. Anterior cruciate ligament mechanoreceptors: Histological studies on lesions and reconstruction. *Clin Orth Rel Res*. 1994; 308: p. 29-32.
74. Freeman M, Wyke B. The innervation of the knee joint: An anatomical and histological study in the cat. *J Anat*. 1967; 101: p. 505-32.
75. Gardner E. The innervation of the knee joint. *Anatom Rec*. 1948; 95: p. 109-30.
76. Grabiner M, Koh T, Draganich L. Neuromechanics of the patellofemoral joint. *Med Sports Exerc*. 1994; 26: p. 10-21.
77. Greep R, Weiss L. *Histology*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 1973.
78. Horner G, Dellon A. Innervation of the human knee joint and implications for surgery. *Clin Orth*. 1994; 301: p. 221-26.
79. Johansson H, Sjölander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop*. 1991; 268: p. 161-78.
80. Krauspe R, Schmidt M, Schaible H. Sensory innervation of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*. 1992; 74A: p. 390-97.
81. Schultz R, Miller D, Kerr C, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg*. 1984; 66A: p. 1072-1076.
82. Schutte M, Dabezies E, Zimny M, et a. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg*. 1987; 69A: p. 243-47.
83. Zimny M. Mechanoreceptors in articular tissues. *Am J Anat*. 1988; 182: p. 16-32.

84. Zimny M, Albrigh D, Dabezies E. Mechanoreceptors in the human medial meniscus. *Acta Anat.* 1988; 133: p. 35-40.
85. Pitman M, Nainzadeh N, Menche D, et a. The intraoperative evaluation of the neurosensory function of the anterior cruciate ligament in humans using somatosensory evoked potentials. *Arthroscopy.* 1992; 4: p. 442-47.
86. Barrack R, Lund P, Munn B, et a. Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1997; 25: p. 196-202.
87. Barrett D, Cobb A, Bentley G. Joint proprioception in normal, osteoarthritic, and replaced knees. *J Bone Joint Surg.* 1991; 73B: p. 53-56.
88. Clark F, Horch K, Bach S, Larson G. Contributions of cutaneous and joint receptors to static knee position sense in man. *J Neurophysiol.* 1979; 3: p. 877-88.
89. Proske U, Schaible H, Schmidt R. Joint receptors and kinesthesia. *Exp Brain Res.* 1988; 72: p. 219-24.
90. Skinner H, Barrack R. Joint position sense in the normal and pathologic knee joint. *J Electromyogr Kinesiol.* 1991; 1: p. 180-90.
91. Warren P, Olanlokun T, Cobb A, Bentley G. Proprioception after arthroplasty: The influence of prosthetic design. *Clin Orth.* 1993; 297: p. 182-87.
92. Dye S, Vapuel G, Dye C. Conscious neurosensory mapping of the internal structures of the human knee without intraarticular anesthesia. *Am J Sports Med.* 1998; 26: p. 773-77.
93. Chong A, Bruce W, Goldberg J. Treatment of the neuropathic knee by arthroplasty. *J Surg.* 1995; 65: p. 370-71.
94. Farsetti P, Caterini R. Idiopathic Charcot's arthropathy. *Arch Othop Trauma Surg.* 1992; 111: p. 282-83.
95. Koshino T. Stage classifications, types of bone destruction, and bone scintigraphy in Charcot joint disease. *Bull Hosp Joint Dis Orthop Inst.* 1991; 51: p. 205-17.
96. O' Connor B, Visco D, Brandt K, et a. Neurogenic acceleration of osteoarthrosis: The effects of previous neurectomy of the articular nerves on the development of oateoarthrosis after transection of the anterior cruciate ligament in dogs. *J Bone Joint Surg.* 1992; 74: p. 367-76.
97. Yoshino S, Fujimori J, Kajino A, et a. Total knee arthroplasty in Charcot's joint. *J*

- Arthroplasty. 1993; 8: p. 335-40.
98. Derwin K, Glover R, Wojtys E. Nociceptive role of substance-P in the knee joint of a patient with congenital insensitivity to pain. *J Pediatr Orthop*. 1994; 14: p. 258-62.
99. Hirsch E, Moye DDJ. Congenital indifference to pain: Long term follow-up of two cases. *South Med J*. 1995; 88: p. 851-57.
100. Hilton J. On the influence of mechanical and physiological rest in the treatment of accidents and surgical diseases and the diagnostic value of pain London: Bell and Daldy; 1863.
101. Jeletsky A. On the innervation of the capsule and epiphysis of the knee. *Vestn Khir*. 1931; 22: p. 74-112.
102. Sherrington C. *The integrative action of the nervous system* New Haven: Yale University Press; 1906.
103. Mathews P. Where does Sherrington's "muscle sense" originate? Muscles, joints, corollary discharge? *Ann Rev Neuroscience*. 1992; 5: p. 89-218.
104. Ghez C, Kandel E, Schwartz J, Jessell T. *The control of movement* New York: Elsevier Science; 1991.
105. Hanson Z, Stuart D. Animal solution to problems of movement control: The role of proprioceptors. *Ann Rev Neurosci*. 1988; 11: p. 199-223.
106. Ferrell W, Smith A. The affect of loading on position sense et the proximal interphalangeal joint of the human index finger. *J Physiol*. 1989; 418: p. 145-61.
107. Freeman M, Wyke B. The innervation of the ankle joint: An anatomical and histological study in the cat. *Acta Anat*. 1967; 68: p. 321-33.
108. Freeman M, Wyke B. The innervation of the knee joint: An anatomical and histological study in the cat. *J Anat*. 1967; 101: p. 505-32.
109. Halata Z. Ruffini corpuscle: A stretch receptor in the connective tissue of the skin and locomotion apparatus. *Prog Brain Res*. 1988; 74: p. 221-29.
110. Halata Z, Groth HP. Innervation of the synovial membrane of the cats joint capsule: An ultrastructural study. *Cell Tissue Res*. 1976; 169(415-18).
111. Ozaktay A, Yamashita T, Cavanaugh J, King A. A light microscopic study of innervation of

- the lumbar facet joint capsule. Soc Neurosci Abst. 1990; 16: p. 882.
112. Wyke B. Morphological and functional features of the innervation of the costovertebral joints. Folia Morphol. 1975; 23: p. 296-305.
113. Wyke B. The neurology of joint: A review of general principles. Clin Rheum Dis. 1981; 7: p. 223-39.
114. Andrew B. The sensory innervation of the medial ligament of the knee joint. J Physiol. 1954; 123: p. 241-50.
115. Boyd I. The histological structure of the receptors in the knee joint of the cat correlated with their physiological response. J Physiol. 1954; 124: p. 476-88.
116. Halata Z, Haus J. The ultrastructure of sensory nerve endings in human anterior cruciate ligament. Anat Embryol. 1989; 179: p. 415-21.
117. Sharkey K, Bray R. Innervation patterns of collateral knee ligaments as revealed by silver staining and immunohistochemistry. Soc Neurosci Abst. 1990; 16: p. 882.
118. Sjölander P, Johansson H, Sojka P, Rehnholm A. Sensory nerve endings in the cat cruciate ligaments: A morphological investigation. Neurosci Lett. 1989; 102: p. 33-38.
119. Zimny M, Schutte M, Dabezies E. Mechanoreceptors in the human anterior cruciate ligament. Anat Rec. 1986; 214: p. 204-209.
120. Wyke B. The neurology of joints. Ann R Coll Surg. 1967; 41: p. 25-50.
121. Halata Z. The ultrastructure of the sensory nerve endings in the articular capsule of the knee joint of the domestic cat (Ruffini corpuscles and Pacinian corpuscles). Kaibogaku Zasshi. 1977; 124: p. 717-29.
122. Stilwell D. The innervation of deep structures of the hand. Am J Anat. 1957; 161: p. 75-99.
123. Heppelmann B, Messlinger K, Neiss W, Schmidt R. Ultrastructural three-dimensional reconstruction of group III and group IV sensory nerve endings ("free nerve endings") in the knee joint capsule of the cat: Evidence for multiple receptive sites. J Comp Neurol. 1990; 292: p. 103-16.
124. Andrew B, Dodt E. The deployment of sensory nerve endings at the knee joint of the cat. Acta Physiol Scand. 1953; 28: p. 287-96.

125. Grigg P, Hoffman A, Fogarty K. Properties of Golgi-Mazzoni afferents in cat knee joint capsule, as revealed by mechanical studies of isolated joint capsule. *J Neurophysiol.* 1982; 47: p. 31-40.
126. Grigg PSHG, Schmidt R. Mechanical sensitivity of group III and group IV afferent from posterior articular nerve in normal and inflamed cat knee. *J Neurophysiol.* 1986; 47: p. 31-40.
127. Schaible HG, Schmidt R. Response of fine medial articular nerve afferents to passive movements of knee joint. *J Neurophysiol.* 1983; 49: p. 1118-126.
128. Birrell G, McQueen D, Iggo A, Grubb B. The effects of 5-HT on articular sensory receptors in normal and arthritic rats. *Br J Pharmacol.* 1990; 101: p. 715-21.
129. Grubb B, Birrell G, McQueen D, Iggo A. The role of PGE2 in the sensitization of mechanoreceptors in normal and inflamed ankle joints of the rat. *Exp Brain Res.* 1991; 84: p. 383-92.
130. Neugenbauer V, Schaible HG, Schmidt R. Sensitization of articular afferents to mechanical stimuli by bradykinin. *Pflügers Archiv Eur J Physiol.* 1989; 415: p. 330-35.
131. Schaible HG, Schmidt R. Time course of mechanosensitivity changes in articular afferents during a developing experimental arthritis. *J Neurophysiol.* 1988; 60: p. 2180-195.
132. Schaible HG, Schmidt R. Excitation and sensitization of fine articular afferents from cat's knee joint by prostaglandin E2. *J Physiol.* 1988; 403: p. 91-104.
133. Schepelmann K, Messlinger K, Schaible HG, Schmidt R. Inflammatory mediators and nociception in the joint: Excitation and sensitization of slowly conducting afferent fibers of cat's knee prostaglandin I2. *Neuroscience.* 1992; 50: p. 237-47.
134. Coggeshall R, Hong K, Langford L, Schaible HG, Schmidt R. Discharge characteristics of fine medial articular afferents at rest and during passive movements of inflamed knee joints. *Brain Res.* 1983; 272: p. 185-88.
135. Gentle M, Thorp B. Sensory properties of ankle joint capsule mechanoreceptors in acute monoarthritis chickens. *Pain.* 1994; 57: p. 361-74.
136. Ozaktay A, Cavanaugh J, Blagoev D, Getchell T, King A. Effects of a carrageenan-induced inflammation rabbit lumbar facet joint capsule and adjacent tissues. *Neurosci Res.* 1994; 20: p. 355-64.

137. Skinner H, Barrack R, Cook S. Age-related decline in proprioception. *Clin Orthop*. 1984; 184: p. 208-11.
138. Kaplan F, Nixon J, Reitz M, et a. Age-related changes in joint proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthop Scand*. 1985; 56: p. 72-74.
139. Yahia L, Newman N. Mechanoreceptors in the canine anterior cruciate ligament. *Anat Anz*. 1991; 173: p. 233-38.
140. Zimny M, Wink C. Neuroreceptors in the tissues of the knee joint. *J Electromyog Kinesiol*. 1991; 1: p. 148-57.
141. Haus J, Halata Z, Refior H. Proprioception in the human anterior cruciate ligament: Basic morphology. *Z Orthop*. 1992; 130: p. 484-94.
142. Goertzen M, Gruber J, Dellman A, et a. Neurohistological findings after experimental anterior cruciate ligament allograft transplantation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1992; 111: p. 126-29.
143. Madey S, Wolff A, Rand R, et a. Characterization of ACL neural endings with wheat-germ agglutination horseradish immunoperoxidase. *Trans Orthop Res Soc*. 1993; 18: p. 322.
144. Pitman M, Nainzadeh N, Menche Dea. The intraoperative evaluation of neurosensory function of the anterior cruciate ligament in humans using somatosensory evoked potentials. *Arthroscopy*. 1992; 8: p. 442-47.
145. Horch K, Clark F, Burgees P. Awareness of knee joint angle under static conditions. *J Neurophysiol*. 1975; 388: p. 1436-447.
146. Barrack R, Skinner H, Daniel D, et a. The sensory function of knee ligaments. In *Knee Ligaments: Structure, Function, Injury, and Repair*. New York: Raven Press; 1990. p. 95-114.
147. Barrack R, Skinner H, Cook S, Haddad R. Effect of articular disease and total knee arthroplasty on knee joint position sense. *J Neurophysiol*. 1983; 50: p. 684-87.
148. Andriacchi T, Galante J, Fermier R. The influence of total knee-replacement design on walking and stair climbing. *J Bone Joint Surg*. 1982; 64A: p. 1328-335.
149. Lephart S, Fu F, Borsa P, et a. Proprioception of the knee and shoulder joint in normal, athletic, capsuloligamentous pathological and postreconstruction individuals. *Orthop Trans*. 1995; 18: p. 1157.

150. Lephart S, Giraldo J, Borsa P, Fu F. Knee joint proprioception: A comparison between female intercollegiate gymnasts and controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*. 1996; 4: p. 121-24.
151. Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer: A prospective randomized controlled study on proprioceptive training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*. 1996; 4: p. 19-21.
152. Co F, Skinner H, Cannon W. Effect of ACL reconstruction on proprioception of the knee and the heel strike transit. *Trans Orthop Res Soc*. 1991; 16: p. 603.
153. Harter R, Osternig L, Singer K, et al. Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med*. 1988; 16: p. 434-42.
154. Newberg T. Examining joint position sense in knees having undergone anterior cruciate ligament reconstruction Eugene: University of Oregon; 1986.
155. MacDonald P, Hedden D, Pacin O, Sutherland K. Proprioception in anterior cruciate ligament-deficient and reconstructed knees. *Am J Sports Med*. 1996; 24: p. 774-78.
156. Jerosch J, Prymka M. Proprioceptive capacity of the knee joint area in patients after rupture of the anterior cruciate ligament. *Unfallchirurg*. 1996; 99: p. 861-68.
157. Andersson C, Ondensten M, Good L, Gillquist J. Surgical or nonsurgical treatment of acute rupture of the ACL: A randomized study with long-term follow-up. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1989; 71A: p. 965-74.
158. Clancy W, Ray J, Zoltan D. Acute tears of the ACL: Surgical versus conservative treatment. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1988; 70A: p. 1483-488.
159. Noyes F, Mooar P, Mathews D, et al. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee: Part I. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1983; 65A: p. 154-62.
160. Noyes F, Mathews D, Mooar P, Grood E. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee: Part II. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1983; 65A: p. 163-74.
161. Wroble R, Brand R. Paradoxes in the history of the ACL. *Clinical Orthopaedics*. 1990; 259: p. 183.
162. Tibone J, Antich T. Electromyographic analysis of the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 1993; 288: p. 35-39.

163. Gomez-Barrena E, Martinez-Moreno E, Manuera L. Segmental sensory innervation of the anterior cruciate ligament and the patellar tendon of the cat's knee. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1996; 67: p. 545-52.
164. Kennedy J, Weinberg H, Wilson A. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. As determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg Am*. 1974; 56: p. 223-35.
165. Schultz R, Miller D, Kerr C, et al. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments: A histological study. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1984; 66A: p. 1072-1076.
166. McDaniel W, Dameron T. Untreated ruptures of the anterior cruciate ligament. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1980; 62A: p. 696-705.
167. Snyder-Mackler L, Fitzgerald G, Bartolozzi A, Cicotti M. The relationship between passive joint laxity and functional outcome after anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sports Medicine*. 1997; 25: p. 191-95.
168. Walla D, Albright J, McAuley E, et al. Hamstring control and the unstable anterior cruciate ligament-deficient knee. *American Journal of Sports Medicine*. 1985; 13: p. 34-39.
169. Friden T, Egund N, Lindstrand A. Comparison of symptomatic versus nonsymptomatic patients with chronic anterior cruciate ligament insufficiency. *American Journal of Sports Medicine*. 1993; 21: p. 389-93.
170. Snyder-Mackler L, Fitzgerald G, Bartolozzi A, Cicotti M. The relationship between passive joint laxity and functional outcome after anterior cruciate ligament injury. *American Journal of Sports Medicine*. 1997; 25: p. 191-95.
171. Wojtys E, Huston L. Neuromuscular performance in normal and anterior cruciate ligament-deficient lower extremities. *American Journal of Sports Medicine*. 1994; 22: p. 89-104.
172. Cohen W, Ray J, Zoltan D. Acute tears of the ACL: Surgical versus conservative treatment. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1988; 70A: p. 1483-488.
173. Raubner A. Über die Vater'schen Körper der Gelenkkapseln. *Centr die Med Wissen*. 1874; 12: p. 305-306.
174. Gardner E. Reflex muscular responses to stimulation of articular nerves in the cat. *American Journal of Physiology*. 1950; 161: p. 133-41.
175. Gardner E. The distribution and termination of nerves in the knee joint of the cat. *Journal*

- of Comparative Neurology. 1944; 80: p. 11-32.
176. Cohen L, Cohen M. Arthrokinetic reflex of the knee. *American Journal of Physiology*. 1956; 184: p. 433-37.
177. Palmer I. Pathophysiology of the medial ligament of the knee joint. *Acta Chir Scandinavica*. 1958; 115: p. 312-18.
178. Palmer I. Plastic surgery of the ligaments of the knee. *Acta Chir Scandinavica*. 1944; 91: p. 37-48.
179. Kennedy J, Weinberg H, Wilson A. The Anatomy and function of the Anterior Cruciate Ligamen. *J Bone Joint Surg Am*. 1974; 56: p. 223-35.
180. Solomonow M, Baratta R, Zhou B, et a. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *American Journal of Sports Medicine*. 1987; 15: p. 207-13.
181. Beard D, Kyberd P, O'Connor J, Fergusson C, Dodd C. Reflex hamstring contraction latency in anterior cruciate ligament deficiency. *Journal of Orthopaedic Research*. 1994; 12: p. 219-28.
182. Kalund S, Sinkjær T, Arendt-Nielsen L, Simonsen O. Altered timing of hamstring muscle action in anterior cruciate ligament deficient patients. *American Journal of Sports Medicine*. 1990; 18: p. 245-48.
183. O'Connor B, Visco B, Brandt K, Albrecht M, O'Connor A. Sensory nerves only temporarily protect the unstable canine knee joint from osteoarthritis: Evidence that sensory nerves reprogram the central nervous system after cruciate ligament transection. *Arthritis and Rheumatism*. 1993; 36: p. 1154-63.
184. Vilensky J, O'Connor B, Brandt K, Dunn E, Rogers P, DeLong C. Serial kinematic analysis of the unstable knee after transection of the anterior cruciate ligament: Temporal and angular changes in a canine model of osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Research*. 1994; 12: p. 229-37.
185. Lephart S, Pincivero D, Giraldo J, Fu F. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *American Journal of Sports Medicine*. 1997; 25: p. 130-40.
186. Limbird T, Shiavi RFM, Borra H. EMG profiles of knee joint musculature during walking: Changes induced by anterior cruciate ligament deficiency. *Journal of Orthopaedic*

- Research. 1988; 6: p. 630-38.
187. Aagaard P, Simonsen E, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strenght ratio: Influence from joint angular velocity, gravity correction, and contraction mode. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1995; 4: p. 421-27.
188. Draganich L, Jaeger R, Kralj A. Coactivation of the hamstring and quadriceps during extension of the knee. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1989; 71A: p. 1075-1081.
189. Hagood S, Solomonow M, Barrata R, Zhou B, D'Ambrosia R. The affect of joint velocity on the contribution of the antagonist musculature to knee stiffness and laxity. *American Journal of Sports Medicine*. 1990; 18: p. 182-87.
190. McNair P, Marshall R. Landing characteristics in subjects with normal and anterior cruciate ligament deficient knee joints. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994; 75: p. 584-89.
191. O'Connor J. Can muscle co-contraction protect knee ligaments after injury or repair? *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1993; 75: p. 41-48.
192. Osternig L, Hamill J, Lander J, Robertson R. Coactivation of sprinter and distance runner muscles in isokinetic exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1986; 18: p. 431-35.
193. Gross M, Tyson A, Burns C. Effect of knee angle and ligament insufficiency on anterior tibial translation during quadriceps muscle contraction: A preliminary report. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1993; 17: p. 133-43.
194. Hirokawa S, Solomonow M, Lu Y, Lou Z, D'Ambrosia R. The effect of joint velocity on the contribution of the antagonist musculature to knee stiffness and laxity. *American Journal of Sports Medicine*. 1992; 20: p. 299-306.
195. Hirokawa S, Solomonow M, Luo Y, et a. Muscular co-contraction and control of the knee stability. *Journal of Electromyographic and Kinesiology*. 1991; 3: p. 199-208.
196. Andriacchi T. Dynamics of pathological motion applied to the anterior cruciate deficient knee. *Journal of Biomechanics*. 1990; 23: p. 99-105.
197. Barrack R, Skinner H, Buckley S. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *American Journal of Sports Medicine*. 1989; 17: p. 1-6.
198. Corrigan J, Cashman W, Brady M. Proprioception in the cruciate-deficient knee. *Journal of Bone and Joint Surgery*. 1992; 74B: p. 247-50.

199. Friden T, Roberts D, Zatterstorm R, Lindstrand A, Moritz U. Proprioception in the nearly extended knee: Measurements of position and movement in healthy individuals and in symptomatic anterior cruciate ligament injured patients. *Knee Surgery, Sports Traumatology Arthroscopy*. 1996; 4: p. 217-24.
200. Jerosch J, Prymka M. Proprioception and joint stability. *Knee Surgery, Sports Traumatology Arthroscopy*. 1996; 4: p. 171-79.
201. Adams J. Feedback theory of how joint receptors regulate the timing and positioning of a limb. *Psychol Rev*. 1977; 84: p. 504-23.
202. Skoglund S. Joint receptors and kinesthesia. In *Handbook of Sensory Physiology*. New York: Springer-Verlag; 1973. p. 111-36.
203. Guyton A. *Textbook of Medical Physiology*. 7th ed. Philadelphia: Saunders; 1986.
204. Grigg P. Mechanical factors influencing response from joint afferent neurons from cat knee. *J Neurophysiol*. 1975; 38: p. 1473-484.
205. Grigg P, Hoffman A. Properties of Ruffini afferents revealed after stress analysis of isolated sections of cat knee capsule. *J Neurophysiol*. 1982; 47: p. 41-54.
206. Skinner H, Wyatt M, Stone M, Hodgdon J, Barrack R. Exercise-related knee joint laxity. *Am J Sports Med*. 1986; 14: p. 30-34.
207. Borsa P, Lephart S, Irrgang J, et al. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate deficient athletes. *Am J Sports Med*. 1997; 25: p. 336-40.
208. Burgess P, Clark F. Characteristics of knee joint receptors in the cat. *J Physiol*. 1969; 203: p. 317-35.
209. Clark F, Burgess P. Slowly adapting receptors in the cat knee joint: Can they signal joint angle? *J neurophysiol*. 1975; 38: p. 1448-463.
210. Johansson H. Role of knee ligaments in proprioception and regulation of muscle stiffness. *J Electromyog Kinesiol*. 1991; 1: p. 158-79.
211. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop*. 1991; 268: p. 161-78.
212. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. receptors in the knee joint ligaments and their role in

- the biomechanics of the joint. *Crit Rev Biomed Eng.* 1991; 18: p. 341-67.
213. Hughston J, Barret G. Acute anteromedial rotatory instability: Long-term results of surgical repair. *J Bone Joint Surg.* 1983; 65A: p. 145-53.
214. Hughston J, Eilers A. The role of the posterior oblique ligament in repairs of acute medial (collateral) ligament tears of the knee. *J Bone Joint Surg.* 1973; 55A: p. 923-40.
215. Pope M, Johnson R, Brown D, Tighe C. The role of the musculature in injuries to the medial collateral ligament. *J Bone Joint Surg.* 1979; 61A: p. 398-402.
216. Savić D. Transplantacija ukrštenih ligamenata kolena u eksperimentalnim uslovima. Disertacija ed. Novi Sad: Medicinski fakultet Univerzitet u Novom Sadu; 1999.
217. Cimino F, Volk B, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management and prevention. *Am Fam Physician.* 2010; 82(8): p. 923-4.
218. Micheo W, Hernández L, Seda C. Evaluation, management, rehabilitation and prevention of anterior cruciate ligament injury: current concepts. *PMR.* 2010; 2(10): p. 935-44.
219. Ristić V, Ninković S, Harhaji V, Milankov M. Causes of anterior cruciate ligament injuries. *Med Pregled.* 2010; LXIII(7-8): p. 541-51.
220. Merida J, Sanchez I, Espin FJ, Merida J, Vasquez J, Jimenez J. Development of the human knee ligaments. *Anat Rec.* 1997; 248: p. 259-68.
221. Harner C, Baek G, Vogrin T, Carlin G, Kashiwaguchi S, Woo S. Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy.* 1999; 15(7): p. 741-49.
222. Laurencin C, Freeman J. Ligament tissue engineering: An evolutionary materials science approach. *Biomaterials.* 2005; 26: p. 7530-7536.
223. Frank C, Woo SY, Amiel D, Harwood F, Gomez M, Akeson W. Medial collateral ligament healing: a multidisciplinary assessment in rabbits. *Am J Sports Med.* 1983; 11: p. 379-89.
224. Murrey M, et al. Use of collagen platelet rich plasma scaffold to stimulate healing of a central defect in the canine ACL. *J Orthop Res.* 2006; 24(4): p. 820-30.
225. Palmer I. On the injuries to the knee ligament of the knee joint. *Acta Chir Scand.* 1938; 53.
226. Warren R. Acute ligament injuries. In J I. *Surgery of the knee.* New York Edinburgh London Melbourne: Churchill Livingstone; 1984. p. 261-94.

227. Noesberger B. Diagnosis of Acute Tears of the Anterior Cruciate ligament, and the Clinical Features of Chronic Anterior Instability. In Jakob R, Staubli H. *The Knee and the Cruciate Ligaments*. Berlin Heidelberg New York London Paris: Springer-Verlag.
228. Torg J, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sport Med*. 1976; 4: p. 84-91.
229. Brantigan O, Voshell A. The mechanics of the ligaments and menisci of the knee joint. *J Bone Joint Surg*. 1944; 23: p. 44-46.
230. LeRoy C. Injuries of the ligaments of the knee joint. *J Bone Joint Surg*. 1944; 26: p. 501-513.
231. O' Donoghue D, Rockwood S, Frabk G, Jack S, Kenion R. Repair of the anterior cruciate ligament in dogs. *J Bone Joint Surg*. 1966; 48: p. 503-19.
232. Slocum D, Larson R. Rotatory instability of the knee its pathogenesis and clinical sign to demonstrate its presence. *J Bone Joint Surg Am*. 1968; 50: p. 211-25.
233. Feagin J, Lambert K, Cunningham R, Anderson L, Riegel J, King P, et al. Consideration of the anterior cruciate ligament injury in skiing. *Clin Orthop Relat Res*. 1987 Mar; 216: p. 13-8.
234. Tillma D, Smith R, Bauer A, Falsetti B. Differences in three intercondylar notch geometry indices between males and females: a cadaver study. *The Knee*. 2002; 9: p. 41-6.
235. Jones K. Results of use of the central one-third of the patellar ligament to compensate for anterior cruciate ligament deficiency. *Clin Orthop*. 1980; 147: p. 39-44.
236. Feagin A. The syndrom of the torn anterior cruciate ligament. *Orthop Clinic North Am*. 1979; 10: p. 81-90.
237. Wang J, Rubin R, Marshall J. A mechanism of isolated anterior cruciate ligament rupture. Case report. *J Bone Joint Surg Am*. 1975; 57: p. 411-413.
238. McMaster J, Weinert C, Scranton P. Diagnosis and management of isolated anterior cruciate ligament tears: a preliminary report on reconstruction with the gracilis tendon. *J Trauma*. 1974; 14: p. 230-235.
239. Thomson W, Fu F. The meniscus in the cruciate-deficient knee. *Clin sports Med*. 1993; 12: p. 771-96.
240. Bellabarba C, Busch-Joseph C, Bach B. Patterns of meniscal injury in the anterior cruciate-deficient knee: a review of the literature. *Am J Orthop*. 1997; 26: p. 18-23.

241. Irvine G, Glasgow M. The natural history of the meniscus in anterior cruciate insufficiency. Arthroscopic analysis. *J Bone Joint Surg Br.* 1992; 74: p. 403-5.
242. Williams J, Abat J, Fadale P, Tung G. Meniscal and nonosseous ACL injuries in children and adolescent. *Am J. Knee Surg.* 1996; 9: p. 22-6.
243. Lohmander L, Roos H. Knee ligament injury, surgery and osteoarthritis. Truth or consequences? *Acta Orthop Scand.* 1994; 65: p. 605-9.
244. Friederich N, O'Brien W. Gonarthrosis after injury of the anterior cruciate ligament: a multicenter, long-term study. *Z Unfallchir Versicherungsmed.* 1993; 86: p. 81-9.
245. Clayton R, Court-Brown C. The epidemiology of musculoskeletal tendinous and ligamentous injuries. *Injury.* 2008; 39: p. 1338-44.
246. Fu F, Shen W, Starman J, Okeke N, Irrgang J. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. *Am J Sports Med.* 2008; 36: p. 1263-74.
247. Pinczewski L. Two-years results of endoscopic reconstruction of isolated ACL ruptures with quadruple hamstring tendon autograft and interference screw fixation. In *AAOS Annual Meeting*; 1997; San Francisco CA.
248. Banović D. Povrede kolena. In *Traumatologija koštano-zglobnog sistema*. Gornji Milanovac: Dečje novine; 1989. p. 474-506.
249. Mikić Ž, Somer T, Vukadinović S, Ercegan G. Vaskularne promene prednjeg (kranijalnog) ukrštenog ligamenta nakon eksperimentalne povrede i hirurške reparacije. In Ž M. *Eksperimentalna hirurgija kolena u psa*. Novi Sad: Društvo lekara Vojvodine; 1987. p. 158.
250. Woo S, Chan S, Yamaji T. Biomechanics of knee ligament healing, repair and reconstruction. *J Biomech.* 1997; 30: p. 431-9.
251. Chimich D. No effect of mop-ending on ligament healing. Rabbit studies of severed collateral knee ligaments. *Acta Orthop Scand.* 1993; 64: p. 587-91.
252. Yoon K, Yoo J, Kim K. Bone contusion and associated meniscal and medial collateral ligament injury in patients with anterior cruciate ligament rupture. *J Bone Joint Surg Am.* 2011 Aug; 93(16): p. 1510-8.
253. Rachun A, et al. Standard nomenclature of athletic injuries. Chicago: American Medical Association, Subcommittee on classification of sports injuries; 1966.

254. Palm H, Brattinger F, Stegmüller B, Achatz G, Riesner H, Friemert B. Effects of knee bracing on postural control after anterior cruciate ligament rupture. *Knee*. 2012; 19(5): p. 664-71.
255. Streich N, Zimmermann D, Bode G, Schmitt H. Reconstructive versus non-reconstructive treatment of anterior cruciate ligament insufficiency. A retrospective matched-pair long-term follow-up. *Int Orthop*. 2011; 35(4): p. 607-13.
256. Delincé P, Ghafil D. Anterior cruciate ligament tears: conservative or surgical treatment? A critical review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012; 20(1): p. 48-61.
257. Jae-Jeong L, Yun-Jin C, Keun-Young S, Chong-Hyuk C. Medial Meniscal Tears in Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knees: Effects of Posterior Tibial Slope on Medial Meniscal Tear. *Knee Surg Relat Res*. 2011; 23(4): p. 227-230.
258. Verena S, all e. Pattern of joint damage in persons with knee osteoarthritis and concomitant ACL tears. *Rheumatol Int*. 2012; 32(5): p. 1197-1208.
259. Wirth C. Indications for the operative and conservative treatment of cruciate ligament injuries. In Jakob RP SH. *The knee and the cruciate ligaments*. Berlin Heidelberg New York London Paris: Springer-Verlag; 1992. p. 266-70.
260. Fu R, Lin D. Surgical and Biomechanical Perspectives on Osteoarthritis and the ACL Deficient Knee: A Critical Review of the Literature. *The Open Orthopaedics Journal*. 2013; 7: p. 292-300.
261. Farshad M, Gerber C, Meyer D, Schwab A, Blank P, Szucs T. Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis. *BMC Health Serv Res*. 2011; 11: p. 317.
262. Müller W. Treatment of acute tear. In Jakob R, Staubli H. *The knee and cruciate ligaments*. Berlin Heidelberg New York London Paris: Springer-Verlag; 1992. p. 279-88.
263. Holzach P, Matter P. Complex internal knee lesions - diagnosis, indications and timing. *Ther Umsch*. 1993; 50: p. 500-8.
264. Campbell W. Repair of the ligaments of the knee: Report of a new operation for the repair of the anterior cruciate ligaments. *Surg Gynecol Obstet*. 1936; 62: p. 964-8.
265. Clancy W, al a. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in Rhesus Monkeys.

- J Bone Joint Surg Am. 1981; 63: p. 1270-84.
266. Ladero F, Maestro A. Comparative study of two systems to measure ACL laxity. *Rev Ortop Traumatol.* 2006; 50: p. 263-7.
267. Murray E, et al. Does Cybex testing increase knee laxity after anterior cruciate ligament reconstruction? *The American Journal of Sports Medicine.* 1993; 21(5): p. 690-5.
268. Howel J, Johnson R, Kaplan M, Fleming B, Jarvinen M. Anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps patellar tendon graft. Part I: Long-term follow up. *Am J Sports Med.* 1991; 19: p. 447-57.
269. Sung-Jae K, Hong-Kyo M, Sul-Gee K, Yong-Min C, Kyung-Soo O. Does Severity or Specific Joint Laxity Influence Clinical Outcomes of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? *Clin Orthop Relat Res.* 2010 April; 468(4): p. 1136–1141.
270. Grindem H, Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg M. A pair-matched comparison of return to pivoting sports at 1 year in ACL-injured patients after a nonoperative versus operative treatment course. *Am J Sports Med.* 2012 November; 40(11): p. 2509–2513.
271. Scanlan S, Chaudhari A, Dyrby C, Andriacchi T. Differences in tibial rotation during walking in ACL reconstructed and healthy contralateral knees. *J Biomech.* 2010 June; 43(9): p. 1817–1822.
272. Westermann R, Wolf B, Elkins J. Effect of ACL Reconstruction Graft Size on Simulated Lachman Testing: A Finite Element Analysis. *Iowa Orthop J.* 2013; 33: p. 70–77.
273. Fink C, Hoser C, Bemedetto K, Hackl W, Gabl M. Long-term outcome of conservative or surgical therapy of anterior cruciate ligament rupture. *Unfallchirurg.* 1996; 99: p. 964-9.
274. Ihara H. Double-contrast CT arthrography of the cruciate ligaments. *Nippon Seikeigeka Gakki Zasshi.* 1991;; p. 477-87.
275. Natri A, Jarvinen M, Letho M, Kannus P. Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament: long term results of the Eriksson procedure. *Int Orthop.* 1996; 20: p. 28-31.
276. Aglietti P, Buzzi R, D'Adria S, Zaccherotti G. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon. *Arthroscopy.* 1992; 8: p. 510-6.
277. Sachs R, Daniel D, Stone M, Garfein R. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 1989; 17: p. 760-5.

278. Yasuda K, Ohkoshi Y, Tanabe Y, Kaneda K. Quantitative evaluation of knee instability and muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar and quadriceps tendon. *Am J Sports Med.* 1992; 20: p. 471-5.
279. Rubinstein R, Shelbourne K, Van Meter C, MC Carroll J, AC R. Isolated autogenous bone-patellar tendon-bone graft site morbidity. *Am J Sports Med.* 1994; 22: p. 324-7.
280. Passler J, Schippinger G, Schweighofer F, Fellingner M, Seibert F. Complications in 283 cruciate ligament replacement operations with free patellar tendon transplantation. *Unfallchirurgie.* 1995; 21: p. 240-6.
281. Meystre J. Use of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction. In Jakob RP SH. *The knee and the cruciate ligaments.* Berlin Heidelberg New York London Paris: Springer-Verlag; 1992. p. 376-395.
282. Simonian P. Assessment of morbidity of semitendinosus and gracilis tendon harvest for ACL reconstruction. *Am J Knee Surg.* 1997; 10: p. 54-9.
283. Aglietti P, Buzzi R, Menchetti P, Giron F. Arthroscopically assisted semitendinosus and gracilis tendon graft in reconstruction for acute anterior cruciate ligament injuries in athletes. *Am. J Sports Med.* 1996; 24: p. 726-31.
284. Brown C, SM, Carson E. The use of hamstring tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. Technique and results. *Clin Sports Med.* 1993; 12: p. 723-56.
285. Yasuda K, Tsujino J, Ohkoshi Y, Tanabe Y, Kaneda K. Graf site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med.* 1995; 23: p. 706-14.
286. Ninković S, Savić D, Stanković M, RS, Milčić A, Milankov M. Comparison of clinical results of anterior cruciate ligament reconstruction using two different procedures. *Acta Chir Jugosl.* 2005; 52: p. 89-94.
287. Torg J, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sport Med.* 1976; 4: p. 84-91.
288. Rubin R, Marshall J, Wang J. Prevention of knee instability : experimental model for prosthetic anterior cruciate ligament. *Clin Orthop.* 1975; 113: p. 212-36.
289. Miller S, Gladstone J. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2002; 33: p. 675-83.
290. Shelbourne KD WJDCMx. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction.

- The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med.* 1991 Jul-Aug; 19(4): p. 332-6.
291. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med.* 1982 May—Jun; 10(3): p. 150-4.
292. Hefti F, Muller W, Jakob R, Staubli H. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. 1: *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 1993; 1(3-4): p. 226-34.
293. Bandyopadhyay A, Shaharudin S. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Soccer Players : An Overview. *International Journal of Sports Science and Engineering.* 2009; 03(01).
294. Busfield B, Kharrazi F, Starkey C, Lombardo S, Seegmiller J. Performance outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction in the National Basketball Association. *Arthroscopy.* 2009 Aug; 25(8): p. 825-30.
295. Taylor J, Waxman J, Richter S, Shultz S. Evaluation of the effectiveness of anterior cruciate ligament injury prevention programme training components: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 6. 2013 Aug.
296. Csintalan R, Inacio M, Funahashi T. Incidence rate of anterior cruciate ligament reconstructions. *Perm J.* 2008; 12((3)): p. 17-21.
297. Collins S, Van-Valin S. Anterior cruciate ligament tear in a 7-year-old athlete. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2013 Jan; 42(1): p. 33-6.
298. Arendt E, Agel J, Dick R. Anterior Cruciate Ligament Injury Patterns Among Collegiate Men and Women. *J Athl Train.* 1999; 34: p. 86–92.
299. Prodromos C, Han Y, Rogowski J, Joyce B, Shi K. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy.* 2007 Dec; 23(12): p. 1320-1325.
300. Weber M, Thein-Nissenbaum J, Bartlett L, Woodall W, Reinking M, Wallmann H, et al. Competency revalidation study of specialty practice in sports physical therapy. *N Am J Sports Phys Ther.* 2009 Aug; 4(3): p. 110-22.
301. Li B, Bai , Fu Y, Wang G, He M, Wang J. Effect of Timing of Surgery in Partially Injured ACLs. *Orthopedics.* 2012 May; 35((5):): p. 408-12.
302. Kwok C, Harrison T, Servant C. The optimal timing for anterior cruciate ligament reconstruction with respect to the risk of postoperative stiffness. *Arthroscopy.* 2013 Mar;

2(3): p. 556-65.

303. Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okado T, Shimizu T, et al. Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: a twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *J Sports Sci Med*. 2010 Dec; 9(4): p. 669-75.
304. Hawkins R, Hulse M, Wilkinson C, Hodson A, Gibson M. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *Br J Sports Med*. 2001 Feb; 35(1).
305. Bizzini M, Junge A, Dvorak J. Implementation of the FIFA 11+ football warm up program: how to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *Br J Sports Med*. 2013 Aug; 47(12).
306. Smiljanić Đ. Napredak srpskog fudbala zavisi i od kvaliteta terena. [Online].; 2012 [cited 2013 12]. Available from: <http://www.politika.rs/rubrike/Sport/fudbal/Napredak-srpskog-fudbala-zavisi-i-od-kvaliteta-terena.lt.html>.
307. Hefti F, Muller W, Jakob R, Staubli H. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1993; 1-3-4: p. 226-34.
308. Hambly K, Griva K. IKDC or KOOS: which one captures symptoms and disabilities most important to patients who have undergone initial anterior cruciate ligament reconstruction? *Am J Sports Med*. 2010 Jul; 38(7): p. 1395-404.
309. Park W, Kim D, Yoo J, Lee Y, Hwang J, Chang M, et al. Correlation between dynamic postural stability and muscle strength, anterior instability, and knee scale in anterior cruciate ligament deficient knees. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010 Aug; 130(8): p. 1013-8.
310. Al-Dadah O, Shepstone L, Donell S. PROPRIOCEPTION FOLLOWING ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION. *J Bone Joint Surg Br*. 2012; vol. 94-B (SUPP IX 38).
311. Irrgang J, Ho H, Harner C, Fu F. Use of International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1998; 6(2): p. 107-14.
312. Irrgang J, Anderson A, Boland AL, et al. Responsiveness of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form. *Am J Sports Med*. 2006; 34: p. 1567-1573.
313. Anderson A, Irrgang J, Kocher M, Mann B, Harrast J, Documentation CIK. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: normative data. *Am J*

- Sports Med. 2006 Jan; 34(1): p. 128-35.
314. Kowalchuk D, Harner C, Fu F, Irrgang J. Prediction of patient-reported outcome after single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2009; 25(5): p. 457-63.
315. Johnson D, Smith R. Outcome measurement in the ACL deficient knee--what's the score? *Knee*. 2001; 8: p. 51-7.
316. Briggs K, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey W, Kocher M, Steadman J. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later. *Am J Sports Med*. 2009 May; 37(5): p. 890-7.
317. Porac C, Coren S. *Lateral preferences and human behavior* New York: Springer-Verlag; 1981.
318. van der Harst J, Gokeler A. Leg kinematics and kinetics in landing from a single-leg hop for distance. A comparison between dominant and non-dominant leg. *Hof ALClin Biomech*. 2007; ;22: p. 674–80.
319. Petschnig R, Baron R, Albrecht M. The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998; 28: p. 23–31.
320. Brophy R, Silvers H, Gonzales T, Mandelbaum B. Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med*. 2010 Aug; 44(10): p. 694-7.
321. Mogroni P, Narici M, Sirtori M, Lorenzelli F. Isokinetic torques and kicking maximal ball velocity in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 1994 Dec; 34(4): p. 357-61.
322. Wilke C, Froböse I. Quantification of proprioceptive skills of the knee joint. *Dtsch Z Sportmed*. 2003; 54: p. 49–54.
323. Jensen T, Fischer-Rasmussen T, Kjaer M, Magnusson S. Proprioception in poor- and well-functioning anterior cruciate ligament deficient patients. *J Rehabil Med*. 2002; 34: p. 141–149.
324. Daneshjoo A, Mokhtar A, Rahnema N, Yusof A. The effects of comprehensive warm-up programs on proprioception, static and dynamic balance on male soccer players. *PLoS One*. 2012; 7(12).

325. Yamada R, Arliani G, Almeida G, Venturine A, Santos C, Astur D, et al. The effects of one-half of a soccer match on the postural stability and functional capacity of the lower limbs in young soccer players. *Clinics (Sao Paulo)*. 2012 Dec; 67(12): p. 1361-4.
326. Catalfamo P, Aguiar G, Curi J, Braidot A. Anterior Cruciate Ligament Injury: Compensation during Gait using Hamstring Muscle Activity. *Open Biomed Eng J*. 2010; 4: p. 99–106.
327. Liu W, Maitland M. The Effect of Hamstrings Muscle Compensation for Anterior Laxity in the ACL-Deficient Knee during Gait. *J. Biomech.* ; 33: p. 871-879.
328. Shelburne K, Torry M, Pandy M. Muscle, ligament, and joint-contact forces at the knee during walking. *Med Sci Sports Exerc*. 2005 Nov; 37(11).
329. Elias J, Kirkpatrick M, Stonestreet M, Shah K, Frampton C, Morscher M, et al. Limited benefit of hamstrings forces for the anterior cruciate ligament-deficient knee: an in vitro study. *Proc Inst Mech Eng H*. 2010; 226(10): p. 752-8.
330. Rudolph K, Axe M, Buchanan T, Scholz J, Snyder-Mackler L. Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001; 9(2): p. 62-71.
331. MacWilliams B, Wilson D, DesJardins J, Romero J, Chao E. Hamstrings cocontraction reduces internal rotation, anterior translation, and anterior cruciate ligament load in weight-bearing flexion. *J Orthop Res*. 1999 Nov;17(6):817-22..
332. Hewett T, Myer G, BT Z. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *J Sci Med Sport*. 2008 September; 11(5): p. 452–459.
333. Muaidi Q, Nicholson L, Refshauge K, Adams R, Roe J. Effect of anterior cruciate ligament injury and reconstruction on proprioceptive acuity of knee rotation in the transverse plane. *Am J Sports Med*. 2009 Aug; 37(8): p. 1618-26..
334. Anders J, Venbrocks R, Weinberg M. Proprioceptive skills and functional outcome after anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-tendon-bone graft. *Int Orthop*. 2008 Oct; 32(5): p. 627-33.
335. Angoules A, Mavrogenis A, Dimitriou R, Karzis K, Drakoulakis E, Michos J, et al. Knee proprioception following ACL reconstruction; a prospective trial comparing hamstrings with bone-patellartendon-bone autograft. *Knee*. 2011 Mar; 18(2): p. 76-82.

8. PRILOZI

Prilog 1. Informacija za ispitanika.

INFORMACIJA ZA ISPITANIKA

Naziv studije: „Propriocepcija zgloba kolena posle kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta kod profesionalnih sportista“

Ovim istraživanjem želimo da utvrdimo da li postoji mogućnost kliničke primene novo razvijenog digitalnog goniometra (aparata koji uz pomoć kompjutera određuje stepen savijanja u zglobu kolena), na osnovu čega bi se moglo dati i predviđanje uspešnosti samog operativnog zahvata rekonstrukcije prednjeg ukrštenog ligamenta.

U cilju toga, Vi ćete preoperativno i postoperativno biti pregledani na Klinici za ortopedsku hirurgiju i traumatologiju. Na dan operacije će biti obavljeno preoperativno testiranje na povređenoj i nepovređenoj nozi, u dva maha: odmah po zadavanju ciljnog ugla od 35° i nakon 5 minuta. Druga put će se testiranje ponoviti minimum 6 meseci nakon artroskopske rekonstrukcije pokidanog prednjeg ukrštenog ligamenta. Rezultati ova dva merenja Vaše sposobnosti da nogu savijete do zadatog ugla će poton biti analizirani i upoređivani adekvatnim statističkim programima. Pregled i merenja su u skladu sa podacima iz literature i vršiće se i preoperativno i postoperativno u ortopedskoj ambulanti u Poliklinici Kliničkog centra Vojvodine. Sva ova merenja su neinvazivna i vrše se na načine koji ne narušavaju Vaše zdravlje.

Voleli bi smo da se uključite u ovo ispitivanje. Vaše učesće je dobrovoljno. Ako pristanete, osim eventualne zdravstvene ne očekujte nikakvu drugu korist. Ukoliko se uključite u naše ispitivanje imate mogućnost da iz njega istupite u bilo kom trenutku, bez obrazlaganja takve Vaše odluke i bez ikakvih posledica. Tokom ispitivanja od Vas će se zahtevati samo pažljivo praćenje uputstava ispitivača radi što efikasnijeg sprovođenja ovih merenja, a odlukom da učestvujete u istraživanju neće Vam biti nametnuti dodatni materijalni troškovi.

Svi rezultati i podaci dobijeni od Vas biće čuvani u tajnosti od drugih lica, a u skladu sa Hipokratovom zakletvom lekara o čuvanju lekarske tajne.

Vaša odluka o neučestvovanju ili napuštanju ispitivanja u bilo kojoj njegovoj fazi ni na koji način neće uticati na dalji tok i ishod lečenja. Ovo ispitivanje će se vršiti i dobijeni rezultati koristiti isključivo u naučne svrhe.

Za sve nejasnoće obratite se lekaru koji vodi ispitivanje Matijević dr Radmili na telefon 064 805 9762 i 021 484 3929.

Prilog 2. Tekst pristanka pacijenta.

TEKST PRISTANKA PACIJENTA

Naziv studije: „**Propriocepcija zgloba kolena posle kidanja prednjeg ukrštenog ligamenta kod profesionalnih sportista**“

Ja (Ime Prezime) _____, pročitao sam tekst o cilju i načinu ispitivanja. Razgovarao sam sa voditeljem ispitivanja. Razjašnjene su mi sve nejasnoće.

Svestan sam toga da:

1. mogu slobodno ući, ali isto tako i slobodno napustiti ispitivanje u bilo kojoj fazi bez obrazlaganja svoje odluke,
2. ukoliko donesem odluku da ne učestvujem ili da napustim ispitivanje, neću snositi nikakve posledice i ta moja odluka neće uticati na dalji tok i ishod lečenja,
3. je moja tajnost u ovom ispitivanju garantovana.
4. u svakom trenutku za sve nejasnoće mogu kontaktirati Matijević dr Radmilu na telefon 064 805 9762 i 021 484 3929.

Dobrovoljno dajem pristanak za učestvovanje u navedenom ispitivanju što i potvrđujem svojeručnim potpisom.

Ispitanik:

Datum:

Ispitivač:

Matijević Radmila

Prilog 3. Tegner bodovna skala.

Nivo 10	Takmičarski sportovi: fudbal, američki fudbal, ragbi (nacionalne i internacionalne lige)
Nivo 9	Takmičarski sportovi: fudbal, američki fudbal, ragbi (niži rang takmičenja), košarka, hokej na ledu, rvanje, gimnastika.
Nivo 8	Takmičarski sportovi: skvoš, badimnton, atletika (skokovi...), skijanje.
Nivo 7	Takmičarski sportovi: tenis, trčanje, rukomet, spidvej. Rekreativni sportovi: fudbal, američki fudbal, ragbi, košarka, hokej na ledu, skvoš, trčanje.
Nivo 6	Rekreativni sportovi: tenis, badminton, rukomet, skijanje, trčanje bar 5 x nedeljno.
Nivo 5	Takmičarski sportovi: biciklizam, „cross-country“ skijanje. Rekreativni sportovi: jogging po neravnom terenu bar 2 x nedeljno. Zanimanje: teški fizički poslovi (rad na građevinama...).
Nivo 4	Zanimanje: umereno teški fizički poslovi (vožnja kamiona...).
Nivo 3	Zanimanje: lakši fizički poslovi (medicinska sestra...).
Nivo 2	Zanimanje: laki poslovi. Rekreativni sportovi: šetnja po neravnom terenu, ali ne sa rancem i opremom.
Nivo 1	Zanimanje: poslovi koji se obavljaju sedeći (sekretarice...).
Nivo 0	Bolovanje ili invalidska penzija zbog problema sa kolenom.

Prilog 4. Lysholm bodovna skala

PARAMETAR	NALAZ	BODOVI
ŠEPANJE	bez	5
	blago	3
	povremeno	3
	izraženo i stalno prisutno	0
UPOTREBA POMAGALA	bez	5
	hod uz štap ili štaku	3
	obe štake, nemoguć oslonac	0
HOD PO STEPENICAMA	bez problema	10
	blago otežan	6
	„korak po korak“	2
	nemoguć	0
ČUČANJE	bez problema	5
	blago otežano	4
	ne preko 90°	2
	nemoguće	0

NESTABILNOST	nikada ne dolazi do „klecanja“ kolena	30
	retko kod većih sportskih ili drugih jakih naprezanja	25
	često kod većih sportskih ili drugih jakih naprezanja	20
	nemoguće bavljenje sportom	20
	povremeno kod uobičajenih dnevnih aktivnosti	10
	često kod uobičajenih dnevnih aktivnosti	5
	sa svakim korakom	0
BOL	nikada	30
	nestalan i blag kod velikih napora	25
	naznačen kod „klecanja“ kolena	20
	naznačen kod većih napora	15
	naznačen kod hoda preko 2km	10
	naznačen kod hoda manje od 2km	5
	stalan i izražen	0
OTICANJE	nije prisutno	10
	posle „klecanja“ kolena	7

	posle većih fizičkih napora	5
	posle uobičajenih dnevnih aktivnosti	2
	stalno prisutno	0
ATROFIJA NADKOLENICE	nije prisutna	5
	1-2cm	3
	>2cm	0

Prilog 5. IKDC standard.

IKDC STANDARD

OBRAZAC ZA ISPITIVANJE LIGAMENATA KOLENA

Ime i prezime: Datum:
...../...../.....

Zanimanje:

Sport: A) prvi B) drugi

Godine: Pol: Visina:cm Težina:kg

Koleno: A) desno B) levo

Suprotno normalno: A) da B) ne

Uzrok povrede:.....

Datum povrede:/...../.....

Lečenje:.....

Dnevne aktivnosti:.....

Saobraćaj:.....

Kontakt Bez kontakta

Datum Op:...../...../.....

Postop.:

STANJE MENISKUSA

N1 1/3 2/3 Ceo Labav Čvrst Normalan

Spoljašnji

Unutrašnji

AKTIVNOST	Pre povrede	Pre operacije	Posle operacije
------------------	-------------	---------------	-----------------

IVeliki napor-skakanje,

promena pravca, jak udarac

(fudbal, ragbi)

II Srednji napor-težak ručni rad

(skijanje, tenis)

III Malo naprezanje-lak ručni rad

(džoging, trčanje)

IV Umereno naprezanje

(kućni poslovi, dnevne aktivnosti)

OSAM GRUPA A.Normalno B.Skoro norm. C.Abnormalno D.Teška abn.

A B C D

1. Subjektivno

- kako funkcioniše koleno 0 1 2 3

- Od 0-3, kako koleno

utiče na aktivnost 0 1 2 3

2. Simptomi	I	II	III	IV
(stepenuje semax.aktiv. bez simptoma. Isključi 0 za neznatno)	max.napor	srednji	lagan	umeren
BOL	—	—	—	—
OTOK	—	—	—	—
Delimična nesposobnost	—	—	—	—
Potpuna nesposobnost	—	—	—	—

3. Obim pokreta	Ext/Fle: merena	/	/	suprotna	/	/
deficit ekstenzije	<3°	3-5°	6-10°	> 10°		
<u>deficit felksije</u>	<u>0-5°</u>	<u>6-15°</u>	<u>16-25°</u>	<u>> 25°</u>		

4. Ispitivanje ligamenta

- LACHMAN (25 flex)	-1 do 2mm	3-5mm	6-10mm	> 10mm
< -1 do -3 tvrd	< -3 tvrd			
zaustavljanje	čvrsto	meko		
- A.P. pomeraj (70 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	> 10 mm
- zadnja fioka (70 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	> 10 mm
- med. otvaranje (20 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	> 10 mm
- lat. otvaranje (20 flex)	0-2 mm	3-5 mm	6-10 mm	> 10 mm

